

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS**



**“SOFTWARE BASADO EN EL ALGORITMO DE COLONIAS DE  
HORMIGAS PARA MEJORAR LAS RUTAS DE RECOJO DE  
DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE  
SISTEMAS**

**AUTOR**

**Bach. ANGELES VILLA, CARLOS ALBERTO**

**Bach. DE LA CRUZ SAAVEDRA, YAIR**

**Callao, Julio 2021**

**PERÚ**

## **DEDICATORIA**

**A nuestros familiares, amigos y maestros  
que nos brindaron su apoyo en el  
transcurso de nuestra vida académica  
para cumplir con nuestras metas.**

## **AGRADECIMIENTO**

**A nuestros profesores por el apoyo en la elaboración  
del presente trabajo**

## INDICE

RESUMEN .....	20
ABSTRACT.....	21
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1. Determinación del problema.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>26</b>
1.2.1. Problema general .....	26
1.2.2. Problemas específicos .....	26
<b>1.3. Objetivos de la investigación.....</b>	<b>26</b>
1.3.1. Objetivo General.....	26
1.3.2. Objetivos Específicos .....	26
<b>1.4. Justificación .....</b>	<b>27</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Antecedentes del estudio.....</b>	<b>29</b>
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	29
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	32
<b>2.2. Marco Conceptual.....</b>	<b>35</b>
2.2.1. Sistema de Colonia de Hormigas .....	35
2.2.2. Metaheurística.....	39
2.2.3. Algoritmo .....	39
2.2.4. Limitaciones de los Algoritmos Metaheurísticos.....	41
2.2.5. Algoritmo de Colonia de Hormigas.....	42
2.2.6. Optimización por Colonia de Hormigas .....	43
2.2.7. Problema del Vendedor Viajante .....	48
2.2.8. Problema de la Recolección de Desperdicios .....	50
<b>2.3. Definiciones de términos básicos u otros contenidos .....</b>	<b>53</b>
<b>2.4. Descripción de la Empresa (Municipalidad) .....</b>	<b>54</b>
<b>2.5. Ubicación de zonas de recojo de desperdicios. ....</b>	<b>60</b>
2.5.1. Zona de Ancieta.....	61
2.5.2. Zona de Condominios .....	63

2.5.3.	Zona de Cooperación.....	63
2.5.4.	Zona de Huancas.....	66
2.5.5.	Zona de Praderas.....	68
2.5.6.	Zona de San Carlos.....	70
2.5.7.	Zona de San Cayetano.....	72
2.5.8.	Zona de San José.....	75
2.5.9.	Zona de Seremsa.....	77
2.5.10.	Zona de Siglo XXI.....	78
2.5.11.	Zona de Tayacaja.....	80
2.5.12.	Zona de Villa Hermosa.....	82
<b>III.</b>	<b>VARIABLES E HIPÓTESIS.....</b>	<b>84</b>
3.1	Definición de las variables.....	84
3.2	Operacionalización de variables.....	84
3.3	Hipótesis general e hipótesis específica.....	85
<b>IV.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>86</b>
4.1	Tipo de investigación.....	86
4.2	Diseño de la investigación.....	86
4.3	Población y muestra.....	86
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	87
4.5	Procesamiento de recolección de datos.....	87
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	87
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>89</b>
5.1.	Procedimiento.....	89
5.1.1.	Reconocimiento de los nodos o puntos de acumulación de residuos de sólidos en las rutas recorridas.....	89
5.1.2.	Distancia entre los nodos descritos.....	90
5.1.3.	Software basado en el Algoritmo de Colonia de Hormigas (ACH).....	90
5.2.	Resultados Obtenidos.....	90
5.2.1.	Recorrido N° 1 de Villa Hermosa.....	92
5.2.2.	Recorrido N° 2 de Villa Hermosa.....	163
5.2.3.	Recorrido N° 3 de Villa Hermosa.....	174
5.2.4.	Recorrido N° 4 de Villa Hermosa.....	186

5.2.5.	Recorrido N° 5 de Villa Hermosa .....	197
5.2.6.	Recorrido N° 6 de Villa Hermosa .....	209
5.2.7.	Recorrido N° 7 de Villa Hermosa .....	221
5.2.8.	Recorrido N° 8 de Villa Hermosa .....	232
5.2.9.	Recorrido N° 9 de Villa Hermosa .....	243
5.2.10.	Recorrido N° 10 de Villa Hermosa .....	254
5.2.11.	Recorrido N° 11 de Villa Hermosa .....	266
5.2.12.	Recorrido N° 12 de Villa Hermosa .....	277
5.2.13.	Recorrido N° 13 de Villa Hermosa .....	289
5.2.14.	Recorrido N° 14 de Villa Hermosa .....	300
5.2.15.	Recorrido N° 15 de Villa Hermosa .....	312
5.2.16.	Recorrido N° 16 de Villa Hermosa .....	323
5.2.17.	Recorrido N° 17 de Villa Hermosa .....	335
5.2.18.	Recorrido N° 18 de Villa Hermosa .....	346
5.2.19.	Resultados para la zona de Villa Hermosa .....	358
VI.	CONCLUSIONES .....	362
VII.	RECOMENDACIONES .....	363
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	364

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Caso de Uso Pago de Arbitrios.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 2: Caso de Uso Pago Servicios.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 3: Caso de Uso Supervisión del servicio.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 4: Caso de Uso Recojo de desperdicios.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 5: Caso de Uso Entrega de camiones.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 6: Caso de Uso Alquiler de camiones.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 7: Caso de Uso de Compra de insumos.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 8: Zonas de Recolección de desperdicios.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 3: Operacionalización de la variable dependiente.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 9: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 1.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 10: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 1.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 11: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 12: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 – 2.....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 13: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 – 3.....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 14: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 15: Recorrido de la Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 16: Actualización de feromonas - Hormiga N° 1.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 17: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>96</b>
<b>Tabla 18: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 – 2.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 19: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 – 3.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 20: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 21: Recorrido de la Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 22: Actualización de feromonas - Hormiga N° 2.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 23: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 24: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 – 2.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 25: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 – 3.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 26: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 27: Recorrido de la Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 28: Actualización de feromonas - Hormiga N° 3.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 29: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 30: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 – 2.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 31: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 – 3.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 32: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 33: Recorrido de la Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 34: Actualización de feromonas - Hormiga N° 4.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 35: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 36: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 – 2.....</b>	<b>106</b>

<b>Tabla 37: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 38: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 39: Recorrido de la Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 40: Actualización de feromonas - Hormiga N° 5.....</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 41: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 42: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 43: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 44: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 45: Recorrido de la Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 46: Actualización de feromonas - Hormiga N° 6.....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 47: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 48: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 49: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 50: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 51: Recorrido de la Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 52: Actualización de feromonas - Hormiga N° 7.....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 53: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 54: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 55: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 56: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 57: Recorrido de la Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 58: Actualización de feromonas - Hormiga N° 8.....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 59: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 60: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 61: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 62: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 63: Recorrido de la Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 64: Actualización de feromonas - Hormiga N° 9.....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 65: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>120</b>
<b>Tabla 66: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla 67: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>121</b>
<b>Tabla 68: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 69: Recorrido de la Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 70: Actualización de feromonas - Hormiga N° 10.....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 71: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 72: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 73: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 74: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 75: Recorrido de la Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 76: Actualización de feromonas - Hormiga N° 11.....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 77: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>126</b>



<b>Tabla 78: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 79: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 80: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 81: Recorrido de la Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 82: Actualización de feromonas - Hormiga N° 12.....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 83: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 84: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 85: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 86: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 87: Recorrido de la Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 88: Actualización de feromonas - Hormiga N° 13.....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 89: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 90: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 91: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 92: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 93: Recorrido de la Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 94: Actualización de feromonas - Hormiga N° 14.....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 95: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>135</b>
<b>Tabla 96: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 97: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 98: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 - 4 .....</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 99: Recorrido de la Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 100: Actualización de feromonas - Hormiga N° 15.....</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 101: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 102: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 103: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 104: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 105: Recorrido de la Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 106: Actualización de feromonas - Hormiga N° 16.....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 107: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>141</b>
<b>Tabla 108: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 109: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 110: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 111: Recorrido de la Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 112: Actualización de feromonas - Hormiga N° 17.....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 113: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>144</b>
<b>Tabla 114: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 115: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 116: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 117: Recorrido de la Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 118: Actualización de feromonas - Hormiga N° 18.....</b>	<b>146</b>

<b>Tabla 119: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 - 1 .....</b>	<b>147</b>
<b>Tabla 120: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 121: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 122: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 123: Recorrido de la Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 124: Actualización de feromonas - Hormiga N° 19.....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 125: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 - 1.....</b>	<b>150</b>
<b>Tabla 126: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 – 2 .....</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 127: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 – 3 .....</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 128: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 - 4.....</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 129: Recorrido de la Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 130: Actualización de feromonas - Hormiga N° 20.....</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 131: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 132: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 133: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 134: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 135: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 136: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 137: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 138: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 139: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1 .....</b>	<b>161</b>
<b>Tabla 140: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1.....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 141: Mejor recorrido - Recorrido N° 1.....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 142: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 143: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 2 .....</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 144: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>164</b>
<b>Tabla 145: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 146: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>166</b>
<b>Tabla 147: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>167</b>
<b>Tabla 148: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>168</b>
<b>Tabla 149: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>169</b>
<b>Tabla 150: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>170</b>
<b>Tabla 151: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>171</b>
<b>Tabla 152: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>172</b>
<b>Tabla 153: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>173</b>
<b>Tabla 154: Mejor recorrido - Recorrido N° 2.....</b>	<b>173</b>
<b>Tabla 155: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>174</b>
<b>Tabla 156: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 3 .....</b>	<b>174</b>
<b>Tabla 157: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>175</b>
<b>Tabla 158: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>176</b>
<b>Tabla 159: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>177</b>

<b>Tabla 160: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>178</b>
<b>Tabla 161: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>179</b>
<b>Tabla 162: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>180</b>
<b>Tabla 163: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>181</b>
<b>Tabla 164: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>182</b>
<b>Tabla 165: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>183</b>
<b>Tabla 166: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>184</b>
<b>Tabla 167: Mejor recorrido - Recorrido N° 3.....</b>	<b>184</b>
<b>Tabla 168: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 1 .....</b>	<b>185</b>
<b>Tabla 169: Mejor recorrido – Sección N° 1 .....</b>	<b>185</b>
<b>Tabla 170: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>186</b>
<b>Tabla 171: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 4 .....</b>	<b>186</b>
<b>Tabla 172: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>187</b>
<b>Tabla 173: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>188</b>
<b>Tabla 174: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>189</b>
<b>Tabla 175: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>190</b>
<b>Tabla 176: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>191</b>
<b>Tabla 177: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>192</b>
<b>Tabla 178: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>193</b>
<b>Tabla 179: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>194</b>
<b>Tabla 180: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>195</b>
<b>Tabla 181: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>196</b>
<b>Tabla 182: Mejor recorrido - Recorrido N° 4.....</b>	<b>196</b>
<b>Tabla 183: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>197</b>
<b>Tabla 184: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 5 .....</b>	<b>197</b>
<b>Tabla 185: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>198</b>
<b>Tabla 186: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>199</b>
<b>Tabla 187: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>200</b>
<b>Tabla 188: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>201</b>
<b>Tabla 189: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>202</b>
<b>Tabla 190: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>203</b>
<b>Tabla 191: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>204</b>
<b>Tabla 192: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>205</b>
<b>Tabla 193: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>206</b>
<b>Tabla 194: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>207</b>
<b>Tabla 195: Mejor recorrido - Recorrido N° 5.....</b>	<b>207</b>
<b>Tabla 196: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 2 .....</b>	<b>208</b>
<b>Tabla 197: Mejor recorrido – Sección N° 2 .....</b>	<b>208</b>
<b>Tabla 198: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>209</b>
<b>Tabla 199: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 6 .....</b>	<b>209</b>
<b>Tabla 200: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>210</b>

<b>Tabla 201: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>211</b>
<b>Tabla 202: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>212</b>
<b>Tabla 203: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>213</b>
<b>Tabla 204: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>214</b>
<b>Tabla 205: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>215</b>
<b>Tabla 206: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>216</b>
<b>Tabla 207: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>217</b>
<b>Tabla 208: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>218</b>
<b>Tabla 209: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>219</b>
<b>Tabla 210: Mejor recorrido - Recorrido N° 6.....</b>	<b>219</b>
<b>Tabla 211: Mejor recorrido – Sección N° 3 .....</b>	<b>220</b>
<b>Tabla 212: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>221</b>
<b>Tabla 213: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 7 .....</b>	<b>221</b>
<b>Tabla 214: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>222</b>
<b>Tabla 215: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>223</b>
<b>Tabla 216: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>224</b>
<b>Tabla 217: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>225</b>
<b>Tabla 218: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>226</b>
<b>Tabla 219: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>227</b>
<b>Tabla 220: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>228</b>
<b>Tabla 221: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>229</b>
<b>Tabla 222: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>230</b>
<b>Tabla 223: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>231</b>
<b>Tabla 224: Mejor recorrido - Recorrido N° 7.....</b>	<b>231</b>
<b>Tabla 225: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>232</b>
<b>Tabla 226: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 8 .....</b>	<b>232</b>
<b>Tabla 227: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>233</b>
<b>Tabla 228: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>234</b>
<b>Tabla 229: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>235</b>
<b>Tabla 230: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>236</b>
<b>Tabla 231: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>237</b>
<b>Tabla 232: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>238</b>
<b>Tabla 233: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>239</b>
<b>Tabla 234: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>240</b>
<b>Tabla 235: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>241</b>
<b>Tabla 236: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>242</b>
<b>Tabla 237: Mejor recorrido - Recorrido N° 8.....</b>	<b>242</b>
<b>Tabla 238: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>243</b>
<b>Tabla 239: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 9 .....</b>	<b>243</b>
<b>Tabla 240: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>244</b>
<b>Tabla 241: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9.....</b>	<b>245</b>

<b>Tabla 242: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>246</b>
<b>Tabla 243: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9.....</b>	<b>247</b>
<b>Tabla 244: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>248</b>
<b>Tabla 245: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9.....</b>	<b>249</b>
<b>Tabla 246: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>250</b>
<b>Tabla 247: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 9.....</b>	<b>251</b>
<b>Tabla 248: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>252</b>
<b>Tabla 249: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9.....</b>	<b>253</b>
<b>Tabla 250: Mejor recorrido - Recorrido N° 9.....</b>	<b>253</b>
<b>Tabla 251: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>254</b>
<b>Tabla 252: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 10.....</b>	<b>254</b>
<b>Tabla 253: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>255</b>
<b>Tabla 254: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>256</b>
<b>Tabla 255: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>257</b>
<b>Tabla 256: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>258</b>
<b>Tabla 257: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>259</b>
<b>Tabla 258: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>260</b>
<b>Tabla 259: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>261</b>
<b>Tabla 260: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>262</b>
<b>Tabla 261: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>263</b>
<b>Tabla 262: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10.....</b>	<b>264</b>
<b>Tabla 263: Mejor recorrido - Recorrido N° 10.....</b>	<b>264</b>
<b>Tabla 264: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 4 .....</b>	<b>265</b>
<b>Tabla 265: Mejor recorrido – Sección N° 4 .....</b>	<b>265</b>
<b>Tabla 266: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>266</b>
<b>Tabla 267: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 11.....</b>	<b>266</b>
<b>Tabla 268: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>267</b>
<b>Tabla 269: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>268</b>
<b>Tabla 270: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>269</b>
<b>Tabla 271: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>270</b>
<b>Tabla 272: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>271</b>
<b>Tabla 273: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>272</b>
<b>Tabla 274: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>273</b>
<b>Tabla 275: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>274</b>
<b>Tabla 276: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>275</b>
<b>Tabla 277: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11.....</b>	<b>276</b>
<b>Tabla 278: Mejor recorrido - Recorrido N° 11.....</b>	<b>276</b>
<b>Tabla 279: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>277</b>
<b>Tabla 280: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 12.....</b>	<b>277</b>
<b>Tabla 281: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>278</b>
<b>Tabla 282: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>279</b>

<b>Tabla 283: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>280</b>
<b>Tabla 284: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>281</b>
<b>Tabla 285: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>282</b>
<b>Tabla 286: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>283</b>
<b>Tabla 287: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>284</b>
<b>Tabla 288: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>285</b>
<b>Tabla 289: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>286</b>
<b>Tabla 290: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12.....</b>	<b>287</b>
<b>Tabla 291: Mejor recorrido - Recorrido N° 12.....</b>	<b>287</b>
<b>Tabla 292: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 5 .....</b>	<b>288</b>
<b>Tabla 293: Mejor recorrido – Sección N° 5 .....</b>	<b>288</b>
<b>Tabla 294: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>289</b>
<b>Tabla 295: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 13.....</b>	<b>289</b>
<b>Tabla 296: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>290</b>
<b>Tabla 297: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>291</b>
<b>Tabla 298: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>292</b>
<b>Tabla 299: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>293</b>
<b>Tabla 300: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>294</b>
<b>Tabla 301: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>295</b>
<b>Tabla 302: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>296</b>
<b>Tabla 303: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>297</b>
<b>Tabla 304: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>298</b>
<b>Tabla 305: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13.....</b>	<b>299</b>
<b>Tabla 306: Mejor recorrido - Recorrido N° 13.....</b>	<b>299</b>
<b>Tabla 307: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>300</b>
<b>Tabla 308: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 14.....</b>	<b>300</b>
<b>Tabla 309: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>301</b>
<b>Tabla 310: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>302</b>
<b>Tabla 311: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>303</b>
<b>Tabla 312: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>304</b>
<b>Tabla 313: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>305</b>
<b>Tabla 314: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>306</b>
<b>Tabla 315: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>307</b>
<b>Tabla 316: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>308</b>
<b>Tabla 317: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>309</b>
<b>Tabla 318: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14.....</b>	<b>310</b>
<b>Tabla 319: Mejor recorrido - Recorrido N° 14.....</b>	<b>310</b>
<b>Tabla 320: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 6 .....</b>	<b>311</b>
<b>Tabla 321: Mejor recorrido – Sección N° 6 .....</b>	<b>311</b>
<b>Tabla 322: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>312</b>
<b>Tabla 323: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 15.....</b>	<b>312</b>

<b>Tabla 324: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>313</b>
<b>Tabla 325: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>314</b>
<b>Tabla 326: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>315</b>
<b>Tabla 327: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>316</b>
<b>Tabla 328: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>317</b>
<b>Tabla 329: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>318</b>
<b>Tabla 330: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>319</b>
<b>Tabla 331: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>320</b>
<b>Tabla 332: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>321</b>
<b>Tabla 333: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15.....</b>	<b>322</b>
<b>Tabla 334: Mejor recorrido - Recorrido N° 15.....</b>	<b>322</b>
<b>Tabla 335: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>323</b>
<b>Tabla 336: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 16.....</b>	<b>323</b>
<b>Tabla 337: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>324</b>
<b>Tabla 338: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>325</b>
<b>Tabla 339: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>326</b>
<b>Tabla 340: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>327</b>
<b>Tabla 341: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>328</b>
<b>Tabla 342: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>329</b>
<b>Tabla 343: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>330</b>
<b>Tabla 344: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>331</b>
<b>Tabla 345: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>332</b>
<b>Tabla 346: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16.....</b>	<b>333</b>
<b>Tabla 347: Mejor recorrido - Recorrido N° 16.....</b>	<b>333</b>
<b>Tabla 348: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 7 .....</b>	<b>334</b>
<b>Tabla 349: Mejor recorrido – Sección N° 7 .....</b>	<b>334</b>
<b>Tabla 350: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>335</b>
<b>Tabla 351: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 17.....</b>	<b>335</b>
<b>Tabla 352: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>336</b>
<b>Tabla 353: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>337</b>
<b>Tabla 354: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>338</b>
<b>Tabla 355: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>339</b>
<b>Tabla 356: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>340</b>
<b>Tabla 357: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>341</b>
<b>Tabla 358: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>342</b>
<b>Tabla 359: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>343</b>
<b>Tabla 360: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>344</b>
<b>Tabla 361: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17.....</b>	<b>345</b>
<b>Tabla 362: Mejor recorrido - Recorrido N° 17.....</b>	<b>345</b>
<b>Tabla 363: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>346</b>
<b>Tabla 364: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 18.....</b>	<b>346</b>

<b>Tabla 365: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>347</b>
<b>Tabla 366: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>348</b>
<b>Tabla 367: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>349</b>
<b>Tabla 368: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>350</b>
<b>Tabla 369: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>351</b>
<b>Tabla 370: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>352</b>
<b>Tabla 371: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>353</b>
<b>Tabla 372: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>354</b>
<b>Tabla 373: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>355</b>
<b>Tabla 374: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18.....</b>	<b>356</b>
<b>Tabla 375: Mejor recorrido - Recorrido N° 18.....</b>	<b>356</b>
<b>Tabla 376: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 8 .....</b>	<b>357</b>
<b>Tabla 377: Mejor recorrido – Sección N° 8 .....</b>	<b>357</b>
<b>Tabla 378: Menor recorrido por sección de la Zona de Villa Hermosa .....</b>	<b>358</b>
<b>Tabla 379: Distancia total recorrida – Zona de Villa Hermosa .....</b>	<b>358</b>
<b>Tabla 380: Tiempo Total utilizado en los nodos .....</b>	<b>359</b>
<b>Tabla 381: Tiempo Total brindado – Zona de Villa Hermosa .....</b>	<b>359</b>
<b>Tabla 382: Tiempo restante para recorrido de ruta .....</b>	<b>360</b>
<b>Tabla 383: Tiempo Total calculado – Zona de Villa Hermosa .....</b>	<b>360</b>
<b>Tabla 384: Comparación de resultados – Zona de Villa Hermosa .....</b>	<b>361</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Experimento real llevado a cabo por Deneubourg .....	37
Figura 2: Experimento real realizado por Goss.....	38
Figura 3: Experimento con hormigas.....	44
Figura 4: Organigrama de la Municipalidad Distrital de El Agustino.....	55
Figura 5: Caso de Uso del Negocio .....	56
Figura 6: Ingresando datos Recorrido N° 1.....	92
Figura 7: Resultado Hormiga N°1 - Recorrido N° 1 .....	93
Figura 8: Resultado Hormiga N°2 - Recorrido N° 1.....	96
Figura 9: Resultado Hormiga N°3 - Recorrido N° 1 .....	99
Figura 10: Resultado Hormiga N°4 - Recorrido N° 1 .....	102
Figura 11: Resultado Hormiga N°5 - Recorrido N° 1 .....	105
Figura 12: Resultado Hormiga N°6 - Recorrido N° 1 .....	108
Figura 13: Resultado Hormiga N°7 - Recorrido N° 1 .....	111
Figura 14: Resultado Hormiga N°8 - Recorrido N° 1 .....	114
Figura 15: Resultado Hormiga N°9 - Recorrido N° 1 .....	117
Figura 16: Resultado Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 .....	120
Figura 17: Resultado Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 .....	123
Figura 18: Resultado Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 .....	126
Figura 19: Resultado Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 .....	129
Figura 20: Resultado Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 .....	132
Figura 21: Resultado Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 .....	135
Figura 22: Resultado Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 .....	138
Figura 23: Resultado Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 .....	141
Figura 24: Resultado Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 .....	144
Figura 25: Resultado Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 .....	147
Figura 26: Resultado Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 .....	150
Figura 27: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1.....	153
Figura 28: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1 .....	154
Figura 29: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1.....	155
Figura 30: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1 .....	156
Figura 31: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1.....	157
Figura 32: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1 .....	158
Figura 33: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 1.....	159
Figura 34: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 1 .....	160
Figura 35: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1.....	161
Figura 36: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1 .....	162
Figura 37: Ingresando datos Recorrido N° 2.....	163
Figura 38: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2.....	164

<b>Figura 39: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>165</b>
<b>Figura 40: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>166</b>
<b>Figura 41: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>167</b>
<b>Figura 42: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>168</b>
<b>Figura 43: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>169</b>
<b>Figura 44: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 2.....</b>	<b>170</b>
<b>Figura 45: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>171</b>
<b>Figura 46: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2.....</b>	<b>172</b>
<b>Figura 47: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2 .....</b>	<b>173</b>
<b>Figura 48: Ingresando datos Recorrido N° 3.....</b>	<b>174</b>
<b>Figura 49: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>175</b>
<b>Figura 50: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>176</b>
<b>Figura 51: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>177</b>
<b>Figura 52: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>178</b>
<b>Figura 53: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>179</b>
<b>Figura 54: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>180</b>
<b>Figura 55: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 3.....</b>	<b>181</b>
<b>Figura 56: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>182</b>
<b>Figura 57: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3.....</b>	<b>183</b>
<b>Figura 58: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3 .....</b>	<b>184</b>
<b>Figura 59: Ingresando datos Recorrido N° 4.....</b>	<b>186</b>
<b>Figura 60: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>187</b>
<b>Figura 61: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>188</b>
<b>Figura 62: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>189</b>
<b>Figura 63: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>190</b>
<b>Figura 64: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>191</b>
<b>Figura 65: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>192</b>
<b>Figura 66: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 4.....</b>	<b>193</b>
<b>Figura 67: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>194</b>
<b>Figura 68: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4.....</b>	<b>195</b>
<b>Figura 69: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4 .....</b>	<b>196</b>
<b>Figura 70: Ingresando datos Recorrido N° 5.....</b>	<b>197</b>
<b>Figura 71: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>198</b>
<b>Figura 72: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>199</b>
<b>Figura 73: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>200</b>
<b>Figura 74: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>201</b>
<b>Figura 75: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>202</b>
<b>Figura 76: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>203</b>
<b>Figura 77: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 5.....</b>	<b>204</b>
<b>Figura 78: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>205</b>
<b>Figura 79: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5.....</b>	<b>206</b>

<b>Figura 80: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5 .....</b>	<b>207</b>
<b>Figura 81: Ingresando datos Recorrido N° 6.....</b>	<b>209</b>
<b>Figura 82: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>210</b>
<b>Figura 83: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>211</b>
<b>Figura 84: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>212</b>
<b>Figura 85: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>213</b>
<b>Figura 86: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>214</b>
<b>Figura 87: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>215</b>
<b>Figura 88: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 6.....</b>	<b>216</b>
<b>Figura 89: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>217</b>
<b>Figura 90: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6.....</b>	<b>218</b>
<b>Figura 91: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6 .....</b>	<b>219</b>
<b>Figura 92: Ingresando datos Recorrido N° 7.....</b>	<b>221</b>
<b>Figura 93: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>222</b>
<b>Figura 94: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>223</b>
<b>Figura 95: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>224</b>
<b>Figura 96: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>225</b>
<b>Figura 97: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7.....</b>	<b>226</b>
<b>Figura 98: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 99: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 7.....</b>	<b>228</b>
<b>Figura 100: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>229</b>
<b>Figura 101: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>230</b>
<b>Figura 102: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7 .....</b>	<b>231</b>
<b>Figura 103: Ingresando datos Recorrido N° 8.....</b>	<b>232</b>
<b>Figura 104: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>233</b>
<b>Figura 105: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>234</b>
<b>Figura 106: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>235</b>
<b>Figura 107: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>236</b>
<b>Figura 108: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>237</b>
<b>Figura 109: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>238</b>
<b>Figura 110: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 8.....</b>	<b>239</b>
<b>Figura 111: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>240</b>
<b>Figura 112: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8.....</b>	<b>241</b>
<b>Figura 113: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8 .....</b>	<b>242</b>
<b>Figura 114: Ingresando datos Recorrido N° 9.....</b>	<b>243</b>
<b>Figura 115: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>244</b>
<b>Figura 116: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>245</b>
<b>Figura 117: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>246</b>
<b>Figura 118: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>247</b>
<b>Figura 119: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>248</b>
<b>Figura 120: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>249</b>

<b>Figura 121: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 9 .....</b>	<b>250</b>
<b>Figura 122: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>251</b>
<b>Figura 123: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>252</b>
<b>Figura 124: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9 .....</b>	<b>253</b>
<b>Figura 125: Ingresando datos Recorrido N° 10 .....</b>	<b>254</b>
<b>Figura 126: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>255</b>
<b>Figura 127: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>256</b>
<b>Figura 128: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>257</b>
<b>Figura 129: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>258</b>
<b>Figura 130: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>259</b>
<b>Figura 131: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>260</b>
<b>Figura 132: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 10 .....</b>	<b>261</b>
<b>Figura 133: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>262</b>
<b>Figura 134: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>263</b>
<b>Figura 135: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10 .....</b>	<b>264</b>
<b>Figura 136: Ingresando datos Recorrido N° 11 .....</b>	<b>266</b>
<b>Figura 137: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>267</b>
<b>Figura 138: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>268</b>
<b>Figura 139: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>269</b>
<b>Figura 140: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>270</b>
<b>Figura 141: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>271</b>
<b>Figura 142: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>272</b>
<b>Figura 143: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 11 .....</b>	<b>273</b>
<b>Figura 144: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>274</b>
<b>Figura 145: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>275</b>
<b>Figura 146: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11 .....</b>	<b>276</b>
<b>Figura 147: Ingresando datos Recorrido N° 12 .....</b>	<b>277</b>
<b>Figura 148: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>278</b>
<b>Figura 149: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>279</b>
<b>Figura 150: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>280</b>
<b>Figura 151: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>281</b>
<b>Figura 152: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>282</b>
<b>Figura 153: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>283</b>
<b>Figura 154: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 12 .....</b>	<b>284</b>
<b>Figura 155: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>285</b>
<b>Figura 156: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>286</b>
<b>Figura 157: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12 .....</b>	<b>287</b>
<b>Figura 158: Ingresando datos Recorrido N° 13 .....</b>	<b>289</b>
<b>Figura 159: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>290</b>
<b>Figura 160: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>291</b>
<b>Figura 161: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>292</b>

<b>Figura 162: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>293</b>
<b>Figura 163: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>294</b>
<b>Figura 164: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>295</b>
<b>Figura 165: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 13 .....</b>	<b>296</b>
<b>Figura 166: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>297</b>
<b>Figura 167: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>298</b>
<b>Figura 168: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13 .....</b>	<b>299</b>
<b>Figura 169: Ingresando datos Recorrido N° 14 .....</b>	<b>300</b>
<b>Figura 170: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>301</b>
<b>Figura 171: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>302</b>
<b>Figura 172: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>303</b>
<b>Figura 173: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>304</b>
<b>Figura 174: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>305</b>
<b>Figura 175: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>306</b>
<b>Figura 176: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 14 .....</b>	<b>307</b>
<b>Figura 177: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>308</b>
<b>Figura 178: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>309</b>
<b>Figura 179: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14 .....</b>	<b>310</b>
<b>Figura 180: Ingresando datos Recorrido N° 15 .....</b>	<b>312</b>
<b>Figura 181: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>313</b>
<b>Figura 182: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>314</b>
<b>Figura 183: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>315</b>
<b>Figura 184: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>316</b>
<b>Figura 185: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>317</b>
<b>Figura 186: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>318</b>
<b>Figura 187: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 15 .....</b>	<b>319</b>
<b>Figura 188: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>320</b>
<b>Figura 189: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>321</b>
<b>Figura 190: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15 .....</b>	<b>322</b>
<b>Figura 191: Ingresando datos Recorrido N° 16 .....</b>	<b>323</b>
<b>Figura 192: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>324</b>
<b>Figura 193: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>325</b>
<b>Figura 194: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>326</b>
<b>Figura 195: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>327</b>
<b>Figura 196: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>328</b>
<b>Figura 197: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>329</b>
<b>Figura 198: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 16 .....</b>	<b>330</b>
<b>Figura 199: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>331</b>
<b>Figura 200: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>332</b>
<b>Figura 201: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16 .....</b>	<b>333</b>
<b>Figura 202: Ingresando datos Recorrido N° 17 .....</b>	<b>335</b>

<b>Figura 203: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>336</b>
<b>Figura 204: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>337</b>
<b>Figura 205: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>338</b>
<b>Figura 206: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>339</b>
<b>Figura 207: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>340</b>
<b>Figura 208: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>341</b>
<b>Figura 209: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 17 .....</b>	<b>342</b>
<b>Figura 210: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>343</b>
<b>Figura 211: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>344</b>
<b>Figura 212: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17 .....</b>	<b>345</b>
<b>Figura 213: Ingresando datos Recorrido N° 18 .....</b>	<b>346</b>
<b>Figura 214: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>347</b>
<b>Figura 215: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>348</b>
<b>Figura 216: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>349</b>
<b>Figura 217: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>350</b>
<b>Figura 218: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>351</b>
<b>Figura 219: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>352</b>
<b>Figura 220: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 18 .....</b>	<b>353</b>
<b>Figura 221: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>354</b>
<b>Figura 222: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>355</b>
<b>Figura 223: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18 .....</b>	<b>356</b>

## **RESUMEN**

Optimización por Colonia de Hormigas (ACO por sus siglas en inglés) es un tipo de metaheurística para dar solución a problemas del tipo optimización combinatoria mediante la utilización de simples agentes computacionales, los cuales se comunican y cooperan gracias a los rastros de feromonas artificiales. En el presente trabajo se propone un modelo, el cual sirve para dar una solución al problema de recolección de desperdicios, adicionado al Problema del Vendedor Viajero (TPS por sus siglas en inglés), el cual es resuelto mediante la utilización del algoritmo ACO. De acuerdo a las recomendaciones de las literaturas revisadas, se debe calibrar y definir un rango de valores de los parámetros de dicho algoritmo con el fin de obtener un buen rendimiento. Este modelo se aplica al distrito de El Agustino – Lima, Perú, obteniéndose una disminución en la distancia total recorrida, como también una reducción en el tiempo total recorrido con respecto a la actual ruta utilizada por el municipio de dicho distrito.

## **PALABRAS CLAVES**

Optimización por Colonia de Hormigas, Problema del Vendedor Viajero, Rutas de recojo de desperdicios.

## **ABSTRACT**

Ant System Optimization (ACO) is a type of metaheuristic to solve combinatorial optimization problems through the use of simple computational agents, which communicate and cooperate thanks to artificial pheromone traces. In this paper a model is proposed, which serves to provide a solution to waste collection problem, in addition to the Travel Salesman Problem (TPS), which is solved by using the ACO algorithm. According to the recommendations of the reviewed literature, a range of values of the parameters of said algorithm must be calibrated and defined in order to obtain good performance. This model is applied to the district of El Agustino – Lima, Peru, obtaining a decrease in the total distance traveled, as well as a reduction in the total time traveled with respect to the current route used by the municipality of said district.

## **KEYWORDS**

Ant System Optimization, Travel Salesman Problem, Wastes Collection Routes.



## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Determinación del problema**

A nivel mundial el problema de los residuos sólidos empeora con cada año que transcurre y en los últimos años acaba de volverse un tema alarmante.

Según el informe realizado por el Banco Mundial (2018), titulado *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050(i)* (Los desechos 2.0: Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050), si no se toman las medidas con urgencia, para el año 2050, a nivel mundial, los desechos aumentarán un 70% en referencia a los niveles actuales. Durante las próximas 3 décadas, se calcula que la generación de desechos producida por el raudo incremento de las poblaciones y aumento de la urbanización, hablando en toneladas, pasaría de los 2010 millones que se registraron en el año 2016 a 3400 millones a nivel mundial. El Banco Mundial también expresa que “Los países que tienen un mayor ingreso, con respecto de la población mundial, representan el 16 %, generando más de un tercio (34 %) del total de desperdicios a nivel mundial. La región del Pacífico en conjunto con la región de Asia oriental, generan casi un cuarto (23 %) del total. Asimismo, se calcula para el año 2050, la generación de desechos en la región de Asia meridional y en la región de África situada al sur del Sahara se duplique y triplique respectivamente.”

En el ámbito regional, si bien en términos generales de cantidad de desechos sólidos generados, Latinoamérica está por debajo, comparado con otras regiones a nivel mundial, no es un tema por el que debemos alegrarnos.

Como las Naciones Unidas (2018) expresa que “la paradoja crea otra paradoja: mientras más desarrollados estamos, más residuos se genera; mientras más residuos se genera, menos desarrollados nos encontramos”. En la región, un kilo de desperdicio es generado por cada persona en promedio al día y Latinoamérica como conjunto, genera aproximadamente unas

541.000 toneladas, lo que equivale del total de la basura mundial el 10%, según un informe publicado en Buenos Aires, Argentina de la ONU Medio Ambiente. Las Naciones Unidas informaron que “Los basurales a cielo abierto son producto de la falta, incorrecta o inapropiada recolección de desechos. Siendo los de mayor riesgo los lugares como espacios abandonados o arroyos donde se arrojan los residuos de manera indiscriminada, o son incinerados sin el debido control ni la protección adecuada, con el sólo propósito de disminuir su volumen dejando que su carga contaminante sea distribuida por distintos actores”. Además, en promedio, un tercio de los residuos acaban en vertederos y/o basurales, los cuales no garantizan una adecuada protección ni para la salud ni para el medioambiente... Estas zonas descritas pueden llegar a ocupar áreas que superan las 100 hectáreas, albergando miles de toneladas de desperdicios.

A nivel de Perú, no es tan distinta la situación, como la que se vive en otros países de nuestra región.

Según un informe de RPP Noticias (2018), en Perú según su Ministerio del Ambiente, en promedio se estaba generando más de 18 mil toneladas de basura por día. Y en las regiones de Callao y Lima, se generaban la mitad de estos desperdicios. Pero este problema no sólo se limita a Lima, sino también se extiende a otras regiones del Perú. Se entrevistó a una representante de dicho ministerio, quien indicó que es tarea de todos los gobiernos municipales a nivel nacional, el recojo de basura, y al parecer estos gobiernos se olvidan de esta responsabilidad cuando están por culminar su gestión. La misma representante informó que esto se debe al problema de cada 4 años: cambio de alcaldes municipales, a eso le agregamos una peculiaridad: como los alcaldes ya no se pueden reelegir, el tema se vuelve más crítico.

Ahora enfocándonos en El Agustino, es uno de los distritos del cono este de nuestra capital, posee una superficie de 12.54 Km<sup>2</sup> y una población con

espíritu emprendedor a pesar de contar un alto índice de percepción de inseguridad, según la ONG Ciudad Nuestra (2012), el 80% de los limeños consideraban al distrito como muy inseguro. Si bien la inseguridad era uno de los principales problemas del distrito, también lo era la contaminación creada por la concentración de desperdicios, causando focos contaminantes que no eran recogidos en horas e incluso días, por los camiones recolectores de desperdicios.

Ejemplo de ello, son las noticias que a lo largo de los años se han ido reportando a través de los distintos medios de comunicación, a continuación, colocamos algunos títulos publicados en los últimos años:

- “3 distritos concentran el 83% de acumulación de basura de Lima”. (Rivas, 2015).
- “Basura lleva días sin ser retirada de una esquina en El Agustino”. (RPP Noticias, 2016).
- “Vecinos indignados por acumulación de basura en El Agustino”. (RPP Noticias, 2017).
- “El Agustino: arrojan desmonte de basura cerca al cuartel «Barbones»”. (América Noticias, 2017).
- “El Agustino: basura se acumula en la avenida Nicolás Ayllón”. (América Noticias, 2017).
- “Contraloría detecta riesgos por acumulación de basura en El Agustino y Villa El Salvador”. (Barrenechea, 2018).
- “El Agustino: se restablece recojo de basura en calles tras denuncia de vecinos [FOTOS]”. (Reyes, 2019)
- “El Agustino: trabajadores de limpieza retiran basura y desmonte del cauce del río Rímac | FOTOS”. (El Comercio, 2020)

Por eso, cuando se le hace la consulta a La Subgerencia de Limpieza Pública del dicho distrito, esta entidad calculó que en el año 2018 se recogió en promedio 60 000 toneladas de basura con una población que era superior a

las 180 000 personas. Esto sugiere que en promedio diario se generaba 0.2 Kg. de residuos por persona.

El problema de la recolección de desperdicios, enfrentaba desafíos tanto en costos como en la parte logística, debido al incremento de la población en los diversos centros urbanos, generando un incremento en los volúmenes de residuos. Y la necesidad de mitigar los daños que afectan tanto al medio ambiente como a la población, transformaba el problema de recolección en una prioridad que debe asumirse en colectivo por parte de la población, entidades privadas y públicas como la municipalidad del distrito.

El Agustino reflejaba dicho problema debido a varias deficiencias en el recojo de desperdicios, las rutas y los horarios establecidos en cada zona no son cumplidas con puntualidad, provocando el descontento de los ciudadanos que se veían obligados a retener desperdicios en sus hogares o en su defecto dejarlos al intemperie a metros de su casa, creando los focos contaminantes ya mencionados, sin embargo el problema se agudiza, porque esta mala costumbre atraía a recicladores informales que rompen las bolsas de basura, agravando más el problema de la contaminación. Estas acciones provocaban que el distrito sea un lugar sucio e insalubre, a pesar del esfuerzo de las autoridades.

Por políticas previamente establecidas, el distrito se divide en 12 zonas, en cada una de estas zonas, existe una ruta para los camiones recolectores de desperdicios, estas iniciaban su recorrido en una hora determinada y en punto de específico, escogido más por empirismo que por estudios u observaciones estratégicas.

El propósito de este trabajo es realizar una aplicación (software), que utilice el algoritmo de colonia de hormigas para el mejoramiento de las rutas. Los datos brindados por la Municipalidad de El Agustino permitirán crear con

ayuda de Google Maps, registros gráficos de las trayectorias recorridas por los camiones recolectores de basura en cada zona de dicho distrito.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida un software basado en algoritmo de colonias de hormigas mejora las rutas de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿En qué medida un software basado en algoritmo de colonias de hormigas disminuye el tiempo de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino?
- b) ¿En qué medida un software basado en algoritmo de colonias de hormigas disminuye la distancia recorrida por los camiones recolectores de desperdicios del distrito de El Agustino?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar en qué medida un software basado en algoritmo de colonias de hormigas mejora las rutas de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a) Determinar en qué medida un software basado en el algoritmo de colonias de hormigas disminuye el tiempo de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino.

- b) Determinar en qué medida un software basado en el algoritmo de colonias de hormigas disminuye la distancia recorrida por los camiones recolectores de desperdicios del distrito de El Agustino.

#### **1.4. Justificación**

##### **Justificación técnica**

La municipalidad de El Agustino cuenta con equipos de cómputo con una antigüedad no mayor a 4 años, por ende, son computadoras que superan fácilmente la primera generación de i core (Intel) y APU (AMD), que tiene las características de hardware suficientes para poder ejecutar un software de optimización por colonia de hormigas.

Una nueva selección rutas (optimizada), permitirá mejorar el servicio de recojo de desperdicios, las calles se mantendrán limpias y los ciudadanos podrán arrojar sus desperdicios en horarios fijos. Con un software basado en el algoritmo de colonia de hormigas, los escenarios posibles en donde existan menos camiones no será ningún problema, pues se generarán nuevas rutas que se adapten a la situación.

##### **Justificación económica**

Al optimizar las rutas, la municipalidad de El Agustino podrá ver un ahorro sustancial en sus gastos operativos referente al combustible e insumos (guantes, mascarillas, botas, etc.) usados en el recojo de desperdicios, a esta labor se le suma el ahorro en horas-hombre, dicho tiempo puede enfocarse a otras actividades que permitan el cuidado del medio ambiente.

### **Justificación Social**

La salud de la sociedad será beneficiada por un recojo puntual de los desperdicios, evitando la propagación de enfermedades causadas por agentes patógenos. Como consecuencia los ciudadanos podrán disfrutar de vivir en un distrito con calles limpias y libres de desperdicios.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

La búsqueda de antecedentes sobre las aplicaciones de colonia de hormigas ha sido una misión exhaustiva, si bien podemos encontrar diferentes aplicaciones del algoritmo en antecedentes internacionales, muy pocas se aplican para la optimización de rutas. Los trabajos de investigación nacionales no fueron la excepción, estos son más escasos que los trabajos internacionales. Sin embargo, después de una larga labor se pudo completar este capítulo.

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

**Omar Romero y Nick Chacayán**, en su trabajo de investigación “Desarrollo de una aplicación de software orientada a la mejora de la gestión del encaminamiento de la información en redes de computadora utilizando el algoritmo de colonia de hormigas” en el 2017. Este trabajo centró su estudio en la dinámica con que cambia la infraestructura de telecomunicaciones a través de los años y como a los algoritmos de enrutamiento que se debe tener en cuenta, por el motivo que estos últimos son más adaptables a los patrones de tráfico como también a los cambios en una topología de red que existen en un determinado tiempo.

En este trabajo se plantea el desarrollo e implementación de un software basándose en la optimización por colonias de hormigas con el fin de dar una mejora en la gestión de información de las redes de computadoras.

Se concluyó que, la determinación de puntos de red con ayuda de dicho algoritmo, en promedio superó el 90%, llegando a tener en la prueba 1, un 98% de mejora. (Romero O., Chacayán N., 2017).

**Elías Carrasco y Gleddy Díaz**, en su trabajo de investigación “Optimización de las rutas recolectoras de residuos sólidos en el distrito de



Chiclayo, para mejorar la eficiencia del servicio de limpieza” en el año 2017. En este trabajo, los autores se centran en un problema común, el cual podemos observar en el día a día, que es la recolección de residuos sólidos.

La propuesta de esta investigación es que se pueda realizar la optimización de las rutas de recolección de desperdicios en el distrito de Chiclayo mediante un modelo matemático.

Obteniendo como resultado y según el método de trabajo utilizado, se redujo en más del 10% del recorrido. (Carrasco E., Díaz G., 2017).

**Mauricio Vargas**, en su trabajo de investigación “Sistema híbrido basado en el algoritmo de colonias de hormigas y la heurística 2-OPT (SWAP/MOVE) para la distribución de estados de cuenta” en el año 2018. El autor centra su investigación en el problema de diseñar las rutas más óptimas con la finalidad de crear la cadena de abastecimiento, la cual debe estar integrada a las decisiones de ruteo y localización.

Se plantea que mediante la utilización del algoritmo de optimización de colonias de hormigas y la heurística 2-OPT, creando un sistema híbrido, se pueda dar solución a la distribución de estados de cuenta, considerando una flota de tamaño heterogénea, costos de utilización diferenciados y capacidad no ilimitada, asumiendo un único periodo de planeación y una demanda determinística.

Finalmente obteniendo mediante dicho sistema híbrido, se escoge la ruta más óptima, permitiendo que los estados de cuenta estén mejor distribuidos sin ningún tiempo adicional. (Vargas M., 2018).

**Jorge García**, en su trabajo de titulación “Empleo del algoritmo de colonia de hormigas para la sintonización de un controlador PID aplicado a un circuito RC” en el año 2018. Centra su investigación en la búsqueda de

método que aplicando un circuito RC de primer orden, se pueda sintonizar un controlador PID, mediante el algoritmo de colonia de hormigas.

Para tal objetivo se crea un programa usando el ACO dentro de la herramienta Matlab, se suma también un sistema de control que está compuesto por el software Labview como controlador PID, un convertidor digital analógico MCP 472, una placa Arduino y un circuito RC. Gracias al método de identificación experimental, se obtuvo el modelo matemático del circuito RC, donde se probó que el modelo representa a dicho circuito adecuadamente, teniendo un 99.41 % de ajuste, comparado con un sistema de primer orden puro, el modelo obtenido es idéntico, con una constante de tiempo de 4.69 seg. y una ganancia estática de 0.0997.

Los resultados mostraron que el algoritmo de colonia de hormigas multiobjetivo con ciertas limitaciones tiene una menor cantidad de excesos superiores para el rango de ajustes estudiados, con respecto a los métodos de sintonización convencional. Este método presentó un tiempo de establecimiento con valores inferiores para el rango de puntos de ajustes entre 1 y 0 vdc. (García J. P., 2018)

**Alfredo Rodríguez**, en su trabajo de investigación “diseño e implementación de un algoritmo de hormigas para el manejo dinámico del encaminamiento de flujos de datos a nivel de la capa de aplicación” en el año 2018. El autor expresa la complejidad de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los servicios de enrutamiento que se ubican en la capa 3 del modelo OSI (capa de internet), dada la tendencia de hoy, de tener una arquitectura de red TCP/IP única integrada a todo tipo de servicio.

Se elabora una serie de reglas en las comunicaciones en la topología lógica para la detección dinámica de los cambios, ya sean por caídas de nodos o desactivación de enlaces, después se implementa el ACO como método Metaheurístico, para encontrar en una red de nodos las rutas más apropiadas y muestre los distintos trayectos para llegar desde el primer nodo hasta el

último nodo. El algoritmo seleccionara entre las diferentes rutas la ruta óptima.

En la experimentación se usaron cinco diferentes topologías, obteniendo como resultados que el protocolo detecta los cambios cuando se elimina una ruta y selecciona una nueva. Se concluyó que basado en la data proporcionada por el protocolo de comunicaciones, siempre se busca la más apropiada ruta en base al menor costo. (Rodríguez A. E., 2018).

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

**Alexis Soifer**, en su trabajo de investigación “Algoritmos de colonia de hormigas para el problema del viajero de comercio por familias y para el problema de ruteo de vehículos por familias”, del año 2015. El autor de esta investigación se centra en una variación al problema del ruteo en vehículos, derivado del problema del viajero comerciante, y que está enfocado en familias (FTSP).

La propuesta dada es recorrer la misma cantidad de nodos, minimizando la distancia total recorrida, con la ayuda de una formulación matemática del problema de ruteo de vehículos generalizado por familias (FVRP por sus siglas en inglés) y con la ayuda de una variación del algoritmo de colonia de hormigas, denominada también como sistema de la mejor-peor hormiga (SMPH).

Los resultados que se obtuvieron, sobrepasaron en todas las pruebas, con más de 120 nodos a los conocidos actualmente. (Soifer A., 2015).

**John Oñate y Darwin Tullmo**, en su trabajo de investigación “Optimización basada en colonia de hormigas para resolver problemas asignación de horarios en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo” en el año 2016. Los autores se centran en la obtención de horarios de clases, el

cual requiere una planificación considerando los cambios constantes, conllevando una inversión de esfuerzo y tiempo.

La propuesta planteada es aplicando la optimización colonia de hormigas, para la obtención de horarios de la Facultad Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con el propósito de bajar el nivel de insatisfacción tanto de los alumnos como de los docentes durante el proceso de obtención de horarios académicos, sabiendo que es un modelo intrincado por la cantidad de limitaciones que se deben satisfacer y efectuar.

Luego de aplicar en el módulo que genera horarios dicho modelo, donde cabe resaltar que las soluciones son aproximaciones a la optimización del problema, no siendo 100% exactos. (Oñate J. A., Tullmo D. A., 2016).

**Erika Arévalo**, en su trabajo de investigación “Implementación de un algoritmo para la auto calibración de los parámetros extrínsecos de una cámara estereoscópica mediante colonia de hormigas para vehículos inteligentes”, en el año 2018. La autora se enfoca en dar una solución al modelo matemático que enlaza tanto al mundo como a la cámara, y de esta forma obtener un estimado de los ángulos de guiñada, balanceo y cabeceo como la altura.

La propuesta dada es obtener un sistema computarizado para la estimación de los parámetros extrínsecos, utilizando para ello algoritmo de colonia de hormigas, el cual evaluará sobre el plano de la pista, las proyecciones obtenidas del patrón con respecto de ambas cámaras, enfocándose en las líneas paralelas y los puntos coincidentes.

Y gracias a que se incluyó la estimación aproximada del ángulo de guiñada, se obtuvo como resultado que la variable altura tuvo una mejor estimación con un error porcentual calculado del 0,2%. (Arévalo E. E., 2018).

**Edgar Mendoza Edgar y Sergio Cullay**, en su trabajo de investigación “Optimización de las operaciones logísticas, en las rutas urbanas de recolección de desechos sólidos en la empresa pública municipal GIDSA Ambato”, en el año 2018. Los autores se enfocan en los costos generados de la de la empresa pública municipal GIDSA sobre la logística realizada a las rutas de recolección de desperdicios.

La propuesta dada es en la parte logística de dicha empresa municipal, reducir costos en sus rutas de recolección de desperdicios, mediante la utilización del algoritmo de colonia de hormigas, la cual satisficará las condiciones iniciales del problema, y proporcionando como resultado un recorrido mínimo.

El resultado obtenido ayudó a la empresa a reducir aproximadamente 42 km por día de recorrido y a generar un ahorro en el proceso de recolección de los desperdicios sólidos del 25%. (Mendoza E., Cullay S., 2018).

**Marcela Viracocha**, en su trabajo de investigación “Óptimo dimensionamiento y ubicación de bancos de capacitores en redes de distribución usando algoritmo de colonia de hormigas”, en el año 2018. La autora se enfoca dentro de una red de distribución eléctrica, encontrar ubicaciones para la instalación de capacitores.

La propuesta dada es disminuir las pérdidas de potencia en la red de distribución, mediante la utilización de la Optimización por Colonia de Hormigas, para dar una solución al problema de compensar la potencia reactiva en la red de distribución; con esto se permite la determinación de la dimensión y ubicación más óptimas en un grupo de capacitores.

Obteniendo como resultado que la propuesta mostró ser un método práctico para la determinación de la ubicación más óptima y la colocación en un sistema de distribución radial de 30 nodos, los condensadores. (Viracocha M. L., 2018).

**Sergio Yáñez**, en su trabajo de investigación “Aplicación del sistema de hormigas para el problema de enrutamiento de vehículos de suministros en desastres naturales”, en el año 2019. El autor se enfoca en la eficiencia y el tiempo de respuesta que tienen los vehículos suministradores durante las horas iniciales luego de producirse los desastres naturales.

La propuesta dada es mitigar la crisis después de desastres naturales, mediante la utilización del Algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas, resultado la obtención de la mejor ruta.

Obteniendo como resultado finalmente que el algoritmo propuesto es un aporte positivo para resolver el problema de encaminar vehículos considerando múltiples depósitos, y que cumple con los requisitos para ser una herramienta útil a la hora de una respuesta eficiente y eficaz, durante una emergencia. (Yáñez S., 2019)

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Sistema de Colonia de Hormigas**

Las hormigas se pueden considerar como insectos sociales, por el motivo que habitan en colonias y su conducta está orientada a la subsistencia de la misma colonia más que al de un simple individuo integrante de la colonia. Por su gran nivel de estructuración que puede llegar a tener ciertas colonias de insectos, estos han llamado la atención de muchos científicos, en especial cuando se hace la comparación con la relativa sencillez de los integrantes de dicha colonia.

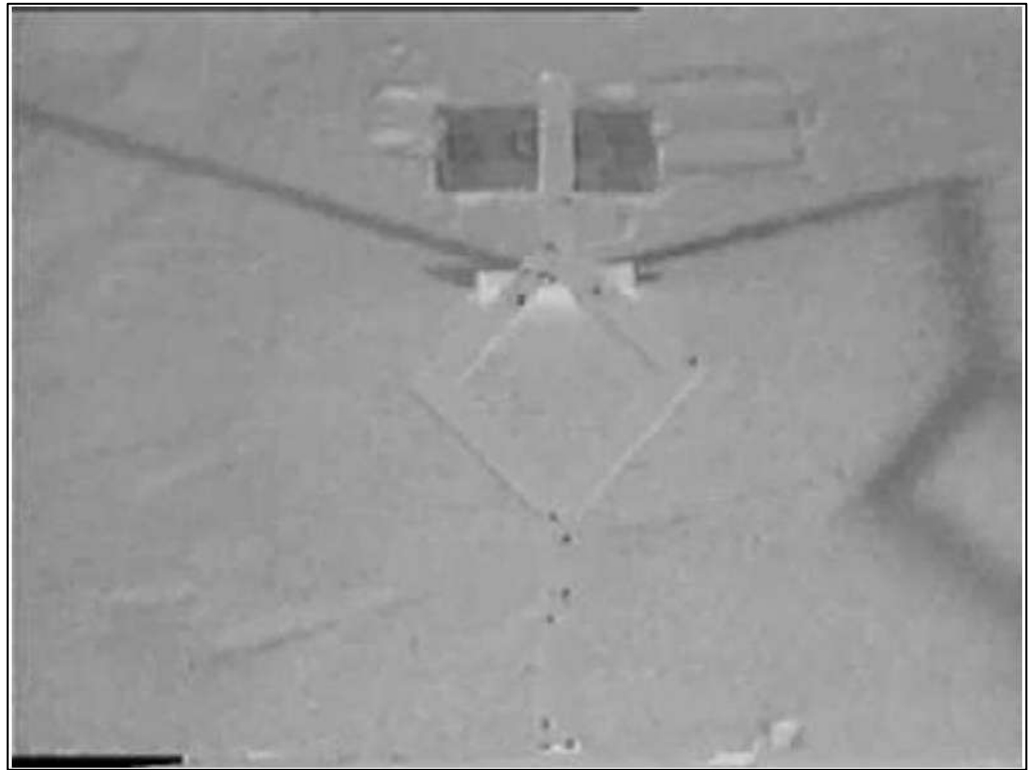
Entre los años 1940 y 1950, el entomólogo francés Pierre-Paul Grassé, fue uno de los investigadores pioneros en observar la conducta social de insectos, especialmente de 2 especies de termitas: *Cubitermes* y *Bellicositermes natalensis*. Grassé encontró que estas termitas tenían la habilidad de reacción, y Grassé lo denominó: “estímulos

significantes”, estos estímulos son algún tipo de señal que activan una reacción que se encuentra codificada genéticamente en dichos insectos. También observó que los resultados de estos estímulos pueden repercutir en otros insectos de la misma colonia como nuevos estímulos significantes. Para definir este tipo de contacto indirecto en particular en donde “los integrantes de la colonia son inducidos por el rendimiento que hayan obtenido”, Grassé uso el término estigmergía.

En colonias de hormigas, también se pueden encontrar ejemplos de estigmergía. Varias especies de hormigas, mientras caminan desde el lugar donde se encuentra su nido hasta el lugar donde se encuentre un lugar surtidor de alimentos y su retorno, van depositando en el piso una sustancia denominada feromona. Así, otros integrantes pueden percibir esta feromona depositada, e influye en la decisión de su camino, esto tiende a formarse grandes acumulaciones de feromona. Todo esto permite a las hormigas encontrar caminos donde se ubican buenos lugares surtidores de alimentos las cuales otras hormigas detectaron previamente.

Ciertos científicos investigaron de forma experimental esta conducta, de dejar feromona y seguir señales de dicha feromona, para poder cuantificarlo tener una mejor comprensión. Deneubourg en (1983) diseñó un experimento al cual lo llamó “experimento del puente binario”. (Figura 1) En el cual, usaron hormigas de la especie *Linepithema humile* o también conocidas como “hormiga Argentina”. Dicho nido de estas hormigas fue anexado a un lugar surtidor de alimentos mediante el uso de dos puentes de igual tamaño. Las hormigas podían elegir libremente usar cualquier puente cuando mientras exploraban y traían su comida de regreso a su nido. La conducta de las hormigas fue observada por un determinado tiempo.

**Figura 1: Experimento real llevado a cabo por Deneubourg**



Fuente: Alejandro (2010)

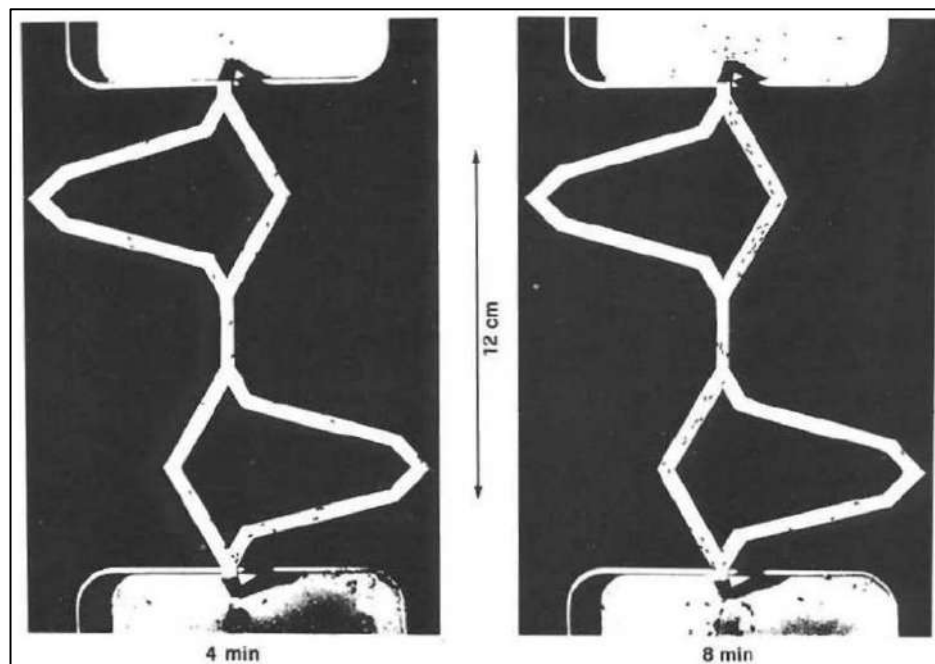
Inicialmente en este experimento, en ambos puentes no existía rastro de feromona. Las hormigas empiezan su exploración iniciando por los alrededores de la ubicación del nido y ocasionalmente atraviesan uno de los puentes hasta alcanzar la ubicación de la fuente de alimento. En el transcurso de ir hasta donde se encuentra la fuente de comida y su regreso al nido, las hormigas dejan feromonas a lo largo del puente que usaron. En un inicio cada hormiga escoge de forma aleatoria uno entre los 2 puentes. Pero después de algún tiempo y debido a los cambios aleatorios, existirá mayor concentración de feromonas en uno de los 2 puentes. Esto se debe a que las hormigas prefieren (en probabilidad) seguir un camino donde exista rastro de feromona, por lo tanto, el puente que contiene más feromona captará más hormigas. A la vez que la concentración de feromona aumente en dicho camino,



hasta que al final todas las hormigas convergen y usan el mismo camino.

A nivel de colonia y basado en la retroalimentación positiva (auto catálisis), este comportamiento puede ser explotado y usado por las hormigas con el fin de encontrar el camino más corto entre el surtidor de alimento y el nido. Lo cual fue demostrado por Goss (Figura 2), en uno de sus experimentos, en el cual también existían dos puentes, y la diferencia que no eran de la misma longitud ambos puentes: uno era más largo que el otro. En este caso, debido a aquellas hormigas que escogían por azar y de manera aleatoria, el puente con menos longitud, eran las mismas quienes alcanzaban la fuente de alimentos, y de regreso a su nido, con mayor probabilidad elegían el puente más corto. Por consiguiente, y gracias al mecanismo de caminar y dejar feromonas al mismo tiempo, las hormigas convergían en menos tiempo en usar el puente de menor tamaño. (Alejandro, 2010: 18 - 20).

**Figura 2: Experimento real realizado por Goss**



Fuente: Alejandro (2010)

### **2.2.2. Metaheurística**

El termino metaheurístico fue descrito en 1986 por F. Glover, para definir a un “método de nivel alto que hace de guía otras heurísticas, con el fin de explorar soluciones que puedan ir más allá de una común solución óptima”. Una definición más moderna es la de J.P. Keyy que nos dice que “las metaheurísticas son un tipo de métodos de aproximación, los cuales son diseñados para dar solución a difíciles problemas de optimización combinatoria, en la que las heurísticas clásicas no tienen efectividad. Las metaheurísticas generan de forma general un marco para la creación de algoritmos híbridos, gracias a la combinación diferentes conceptos, derivados de los procedimientos estadísticos, la evolución biológica y la inteligencia artificial”. (Duarte, 2017)

### **2.2.3. Algoritmo**

Un algoritmo se puede describir como una sucesión no infinita de instrucciones, diseñadas para la obtención de una finalidad en particular, cada una es eficientemente realizable en un tiempo no infinito mediante un dispositivo, ya sea este mecánico, electrónico o manual, y además debe ser apto de analizar un cierto volumen de datos y de expresar un cierto volumen de resultados. De esta forma, un algoritmo es un ente virtual con determinadas limitaciones que tiene la capacidad de leer y escribir. Estas limitaciones están relacionadas a la estructura como al tamaño de los datos que deben ser procesados, como también a la destreza de generar los resultados en cierto tiempo útil, para conseguir la finalidad por el cual se diseñó.

### **a. Atributos de un algoritmo**

Así un algoritmo tiene los siguientes atributos

- 1.- Finitud: El algoritmo debe terminarse siempre después de un número finito de pasos.
- 2.- Definición: Cada paso de un algoritmo debe ser rigurosamente preciso y específicamente no ambiguo.
- 3.- Entradas: El algoritmo tiene entradas que pueden contener cero o más datos (input).
- 4.- Salidas: El algoritmo debe retornar uno o más resultados (output no vacío).
- 5.- Efectividad: Todas las operaciones a ejecutar deben ser suficientes básicas y realizables en tiempo finito.

### **b. Abstracción de información**

Los matemáticos han empleado la abstracción como herramienta esencial para el diseño de algoritmos, analizar las características del problema permite modelar una solución. La ventaja fundamental de la abstracción es ahorrar esfuerzos. Solamente desde este punto de vista se comprende la gigantesca contribución de los científicos griegos en las matemáticas, como por ejemplo Euclides. Los matemáticos griegos pusieron orden en la concepción de los números enteros proporcionando una explicación clara y distinta de las propiedades de los números primos, estableciendo los primeros algoritmos asociados a ellos.

El primer requisito para construir un buen algoritmo es determinar el nivel de abstracción necesario para expresar una buena notación o formalismo con el que se puedan determinar los objetos y las estructuras que los relacionan. Podríamos afirmar que la elaboración

de una buena notación es condición indispensable para diseñar un algoritmo. Formaliza y vencerás. Pero no es cierto que la investigación en matemáticas se reduzca simplemente a la notación o al formalismo, pues, por ejemplo, el conocimiento sobre la teoría de números para diseñar algoritmos de descomposición en factores primor requiere una reflexión profunda sobre relaciones que están más allá del puro formalismo de la notación.

Los matemáticos podemos analizar las virtudes y las limitaciones de los algoritmos sin necesidad de implementarlos en un código numérico. A grosso modo los algoritmos podemos clasificarlos en tres grandes clases: los algoritmos iterativos, los recursivos y los directos. Los algoritmos iterativos y recursivos alcanzan un resultado después de un número finito de iteraciones o llamadas al propio algoritmo en una cantidad que varía según el tamaño de los datos. Los algoritmos directos consiguen su objetivo luego de cierto número de pasos independiente del tamaño de los datos.

La eficiencia de un algoritmo es una característica esencial desde la perspectiva práctica. La medición de eficiencia en un algoritmo la tendremos definida como una función del número de pasos elementales del proceso, donde más pasos indican menos eficiencia. Por otro lado, la eficiencia de un algoritmo se desea alta para su posible uso en aplicaciones cotidianas y con respuestas en tiempo real. (Marquina, 2017)

#### **2.2.4. Limitaciones de los Algoritmos Metaheurísticos**

Según el teorema NEL (No-Free-Lunh, optimización que dice que no existe un algoritmo de aprendizaje universal), los algoritmos metaheurísticos, se encuentran dentro de los métodos generales de búsqueda, comportándose de forma similar cuando se distribuyen sobre las funciones totales de los objetivos posibles, dando que, si

existe un algoritmo B, el cual es más eficiente que un algoritmo A, para cierto grupo de problemas. Entonces debe existir otro grupo de problemas de similar tamaño que el anterior, en donde el algoritmo A es más eficiente que un algoritmo B. Esto determina que, en promedio, ninguna metaheurística es más eficiente que una búsqueda completamente al azar.

Otra característica presente en las metaheurísticas es que hay casi ninguna prueba sobre su convergencia hacia un resultado óptimo global; en otras palabras, la metaheurística no asegura que se converja con la obtención de un resultado con calidad. Por último, las metaheurísticas con mayor optimización, son las más dependientes del problema original, o por lo menos requieren tener un entendimiento heurístico del problema muy elevado. Haciendo que la generalidad original con la que fueron creadas se pierda.

A pesar de estos posibles problemas descritos anteriormente, en su mayoría, es extraordinaria la conducta experimental de las metaheurísticas, transformándose para varios problemas con dificultad en su resolución, la única forma factible para encontrar en un tiempo razonable una solución con calidad. Las metaheurísticas en general, tienen un comportamiento similar a los métodos fuertes y eficientes, los cuales se pueden emplear a un gran listado de problemas con relativa facilidad. (Duarte, 2007)

### **2.2.5. Algoritmo de Colonia de Hormigas**

Aquí se describe el Algoritmo de Colonias de Hormigas (“Ant Colony Optimization” en inglés), en el año 1992, Marco Dorigo, presentó por primera vez esta metaheurística. Estos algoritmos están basados en como las colonias de hormigas se comportan en la vida real, a su vez pertenecen al grupo de algoritmos basados en el comportamiento por

enjambres (“swarm intelligence” en inglés), un campo de estudio relativamente nuevo.

Para entender un poco mejor, debemos entender a los sistemas que se basan en el concepto de inteligencia de enjambre, los cuales son importantes dentro del campo de la inteligencia artificial, la inteligencia de enjambre abarca el comportamiento de una población de individuos, la forma que interactúan entre ellos y con el ambiente, sin tener ninguna intervención por parte del exterior, ya sean estos de forma natural o artificial.

Los individuos del grupo actúan sin una estructura central que los dirija, en otras palabras, de forma aleatoria, pero las interacciones de unos con otros del mismo grupo, causan la aparición de un fenómeno emergente en el comportamiento del grupo, aunque fue provocado no de manera intencional por los miembros del grupo, estos desconocen este fenómeno provocado. Dicho concepto es el que se encuentra detrás del algoritmo basado en colonias de hormigas. (Vázquez, 2016)

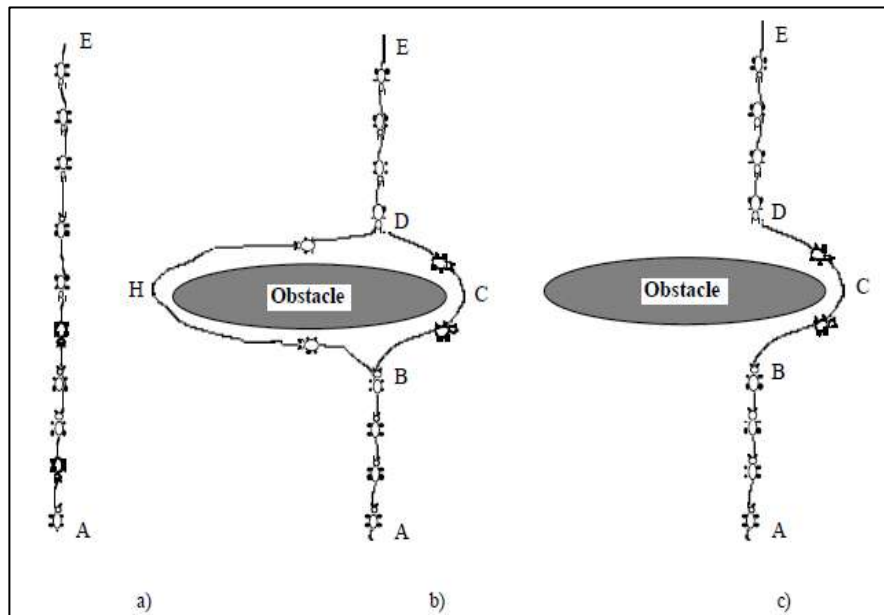
#### **2.2.6. Optimización por Colonia de Hormigas**

La optimización de colonias de hormigas también se le conoce por sus siglas en inglés: ACO (Ant Colony Optimization). Y está basado en el algoritmo del mismo nombre, el cual se explicará más adelante.

Basándose en el Sistema de Colonia de Hormigas, en la figura 3, presentamos un ejemplo de cómo las hormigas pueden llevar a la identificación del camino más corto alrededor de un obstáculo.

En la parte a, algunas hormigas caminan por un trayecto entre los puntos A y E. Mientras en la parte b, de repente aparece un obstáculo y las hormigas deben sortearlo. Por último, en la parte c, las hormigas eligen el camino más corto.

**Figura 3: Experimento con hormigas**



Fuente: Distributed Optimization by Ant Colonies - 1991

El entorno experimental es el siguiente: Hay un camino por el que caminan las hormigas (por ejemplo, podría ser un camino desde una fuente de alimento A hasta el nido E – Fig. 3a). De repente aparece un obstáculo y se corta el camino anterior. Luego, en la posición B, las hormigas que caminan de E hacia A (o en la posición D, las que caminan en la dirección opuesta) deben decidir si doblan con dirección a la derecha o hacia la izquierda (Fig. 3b). La elección está influenciada por la intensidad de las trazas de feromonas dejadas con anterioridad. Un nivel más alto de feromonas en el camino correcto le da a la hormiga un estímulo más fuerte y, en consecuencia, existe una mayor posibilidad de girar hacia la derecha. La primera hormiga que llega al punto B (o D) tiene la misma probabilidad de voltear con dirección a la derecha o hacia la izquierda (ya que no había ninguna feromona previa en las dos rutas alternativas). Como la ruta BCD es más corta que la BGD, la primera hormiga que la sigue llegará a D antes de la primera hormiga que sigue la ruta BGD. El resultado es que las nuevas hormigas que vienen de ED encontrarán un camino

más fuerte en la ruta DCB, causada por la mitad de todas las hormigas que por casualidad decidieron acercarse al obstáculo a través de ABCD y por las que ya llegaron a través de BCD. Por lo tanto, preferirán (en probabilidad) la ruta DCB a la ruta DGB. Como consecuencia, el número de hormigas que siguen la ruta BCD será mayor. (A Coloni, M. Dorigo, V. Maniezzo, 1991).

Las principales características de este modelo son retroalimentación positiva, cómputo distribuido y el uso de una heurística codiciosa constructiva. La retroalimentación positiva explica el rápido descubrimiento de buenas soluciones, el cálculo distribuido evita la convergencia prematura y la heurística codiciosa ayuda a detectar aceptables soluciones en las etapas iniciales del proceso de búsqueda. Aplicamos la metodología propuesta al problema del vendedor viajero clásico (TSP) e informamos los resultados de dicha simulación. También analizamos la selección de parámetros y las configuraciones iniciales del modelo, y lo comparamos con la búsqueda y el recocido simulado utilizando TSP. (M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Coloni, 1996).

Si las hormigas en su trayecto al azar no detectan ningún rastro de feromonas, seguirán moviéndose hasta que encuentre dicho rastro o encuentre un posible alimento, pero cuando existe un rastro de feromona en su camino, se tendría una mayor probabilidad de ser recorrida. Esto permite hallar la distancia menor entre la ubicación de la fuente de alimento y el nido.

Todo este proceso finaliza haciendo que cada hormiga elija la ruta más corta, aumentando progresivamente la posibilidad que al final todas las hormigas escojan la ruta más corta. Complementándose con el impacto del entorno natural, provocando que transcurrido cierto tiempo las feromonas se evaporen, dejando entender que las rutas



menos viables, al ir perdiendo progresivamente el rastro de feromona, cada vez son recorridas por menos hormigas.

Así, se puede entender que, dentro de los algoritmos constructivos, se pueden colocar a los algoritmos basados en colonias de hormigas, por cada iteración de dicho algoritmo, por cada hormiga que recorra, se construye una solución al problema, siendo recorridos los arcos del grafo definido. (E. Hornig, N. Ruiz, 2009).

#### **a. Construcción de la solución**

Marco Dorigo estableció las características fundamentales del ACO en su tesis doctoral, proponiendo tres variantes distintas: Ant-density, ant-quantity y ant-cycle. Sin embargo, en la práctica las dos primeras variantes arrojaban pésimos resultados comparados con la tercera variante, siendo este el motivo de su discontinuidad. Por ello en esta tesis se tomará en cuenta las fórmulas de la variante Ant-Cycle, llamada actualmente “Ant System”.

La primera fórmula que veremos determinará la probabilidad de seleccionar un camino por parte de una hormiga. Para ello debemos definir primeramente un valor inicial de feromonas ( $\tau$ ) para cada uno de los posibles caminos, si este valor es demasiado grande se necesitará varias iteraciones para que la feromona inicial llegue a evaporarse, y sean las feromonas que las hormigas aporten las que realmente guíen el camino de las demás hormigas, por el contrario, si el valor es muy bajo, el camino de la hormiga será fuertemente guiado por los primeros resultados obtenidos. Es recomendable iniciar con un valor similar a la feromona que depositará la colonia de hormiga en cada iteración.

$$p_{ij}^k = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta} & \text{si } j \in N_i^k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{array} \right\}$$

La visibilidad es un parámetro representado por la letra griega  $\eta$  y se define como la inversa del camino a seleccionar ( $1/costo_{ij}$ ) también podemos encontrarla en otras fuentes con el nombre de “información heurística”, para referirse a ella. Tanto la influencia de la feromona y la visibilidad sobre la hormiga se verá ajustada por los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ , si se anula el valor de  $\alpha$  y solo se considera la visibilidad, el algoritmo pasaría a comportarse como un algoritmo greedy aleatorio con múltiples puntos de arranque. En cambio, si se anula  $\beta$  y solo se considera la feromona, se genera un estancamiento donde las hormigas siguen el mismo camino y construyen la misma solución.

Finalmente, la selección de un camino (tramo), se hace a partir de un valor random (aleatorio), el cual coincidirá con los valores proporcionales de los caminos calculados.

#### b. Actualización de feromonas

Después del recorrido de las hormigas, se realiza la actualización de feromonas con el objetivo de incrementar los valores preliminares de las feromonas y lograr la optimización de los resultados.

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} Q/L_k & \text{Si se usa } ij \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$\rho$  se define como la tasa de evaporación de la feromona y su valor está en el rango de  $0 \leq \rho \leq 1$ . Solo si las hormigas han recorrido un determinado tramo se le sumará el depósito de hormonas aportadas

por las hormigas en la construcción de la solución.  $Q$  es una constante que suele considerarse como 1, su impacto en las soluciones obtenidas no es muy relevante, por otra parte  $L_k$  representa el costo del camino recorrido por la hormiga. (Pedemonte, 2009)

### **2.2.7. Problema del Vendedor Viajante**

Como hemos descrito anteriormente, una buena forma de optimizar es mediante ACO, pero lo que no hemos definido es a qué tipo de problema estará aplicado. Por eso en esta parte desarrollaremos un problema en específico: El Problema del Vendedor Viajero o Travel Salesman Problem en inglés.

El sistema de colonias de hormigas (ACS), basándose en la dirección de mejorar la eficiencia cuando se aplica a TSP simétricos y asimétricos. La idea principal es tener un conjunto de agentes, llamados hormigas, buscar en paralelo buenas soluciones para el TSP y cooperar a través de la comunicación global e indirecta mediada por feromonas. De manera informal, cada hormiga construye una solución TSP de manera iterativa: agrega nuevas ciudades a una solución parcial al explotar tanto la información obtenida de la experiencia pasada como una heurística codiciosa. La memoria toma la forma de una feromona depositada por las hormigas en los bordes de la TSP, mientras que la información heurística simplemente viene dada por la longitud del borde. (M. Dorigo, L. Gambardella, 1997).

La optimización de colonias de hormigas (ACO) se ha utilizado ampliamente para diferentes problemas de optimización combinatoria, investigamos los algoritmos ACO con respecto a su comportamiento en tiempo de ejecución para el problema del vendedor ambulante (TSP). ACO es un algoritmo heurístico que ha demostrado ser una técnica exitosa y se aplica a una serie de problemas de optimización

combinatoria (CO). Siendo uno de sus más importantes problemas del vendedor ambulante (PST). Hay varias razones por las que la elección del TSP como el problema para explicar el funcionamiento de los algoritmos de ACO es fácilmente comprensible, haciendo que el comportamiento del algoritmo no se vea obstaculizado por demasiados aspectos técnicos; y es un banco de pruebas estándar para nuevas ideas algorítmicas, ya que un buen rendimiento en el TSP a menudo se toma como una prueba de su utilidad. (k. Hingrajiya, R. Kumar, G. Singh, 2012).

El problema de los vendedores ambulantes (TSP) es un problema bien conocido, popular y ampliamente estudiado en el campo de la optimización combinatoria y atrae a científicos informáticos, matemáticos y otros. Su declaración es engañosamente simple, pero sigue siendo un problema desafiante en la investigación operativa. Otro problema de optimización es encontrar el recorrido cerrado más corto que visite todas las ciudades. Se conoce como un problema clásico de NP-completo, que tiene espacios de búsqueda extremadamente grandes y es muy difícil de resolver. La definición de un TSP es: dada las N ciudades, si un vendedor que comienza desde su ciudad natal pasando por cada ciudad por única vez y regresando luego a su hogar, encontrando el orden de un recorrido de manera que la distancia total (costo) recorrido sea mínima. El costo puede ser la distancia, el tiempo, el dinero, la energía, etc. TSP es un problema difícil de NP y los investigadores, especialmente los matemáticos y los científicos, han estado estudiando para desarrollar métodos de resolución eficientes desde la década de 1950. Porque es tan fácil de explicar y tan difícil de resolver. La teoría de la gráfica define el problema como encontrar el ciclo hamiltoniano con el menor peso para una gráfica ponderada completa dada. (ZCSS Hlaing, M. Khine, 2011).

### **2.2.8. Problema de la Recolección de Desperdicios**

Como hemos visto anteriormente, ACO se puede aplicar a la solución de TSP, pero como sabemos TSP, está direccionado a nivel de ciudades, siendo un poco dificultoso al tratar de delimitar todo el mapa donde se encuentran todas las ciudades.

Para eso se dio paso a otro de tipo de problema: El recojo de residuos sólidos (desperdicios) o sus siglas en inglés SWCP (Solid Waste Collection Problem), el cual se puede aplicar dentro de una ciudad o en parte de ella, en general es lo mismo que el TSP, pero en un área menor.

La gestión de residuos sólidos se ocupa del control en el almacenamiento, generación, la recolección, procesamiento, el transporte y la eliminación de desperdicios, según los principios de salud pública y otras consideraciones ambientales. Uno de los componentes principales de la gestión de residuos sólidos es el problema del enrutamiento. Normalmente se aplican dos enfoques básicos al enrutamiento de vehículos:

- El problema del cartero chino (enrutamiento de arco) que encuentra la distancia mínima de un recorrido continuo a través de una red que recorre todos los arcos y no se puede aplicar al caso de la recolección de residuos sólidos.
- El problema del vendedor ambulante (enrutamiento de nodo) que requiere que se realice una visita a varios puntos específicos (puntos de recogida) y el problema de enrutamiento se resuelve como un nodo que cubre uno. Se encontró que el sistema de vendedor ambulante es el enfoque más adecuado que se puede aplicar al problema de la recolección de desechos sólidos. (A. Awad, M. Aboul-Ela, R. Abu-Hassan, 2001).

Se implementó Ant Colony Optimization (ACO) para dar solución al problema de la recolección de desechos sólidos como un modelo VRPSD, en el entorno de Southern Waste Management (SWM), que es una empresa encargada de la recolección y eliminación de desechos sólidos en la ciudad de Johor Bahru, una ciudad con más de un millón de pobladores. La compañía está implementando un sistema integrado en la gestión de desperdicios sólidos, siendo partícipe la optimización de dichos recursos, para garantizar la efectividad de sus servicios. Formulando este problema de la vida real en un problema de enrutar vehículos con un modelo de demanda estocástica y con la ayuda algunos algoritmos diseñados para minimizar el costo de operación de la gestión de desperdicios sólidos. Se utilizó un grupo de datos modificados a partir de los conocidos 50 problemas de los clientes para encontrar la ruta de tal manera que se minimizase el costo de viaje esperado. El costo total se redujo al mínimo mediante la adopción de una política de reposición preventiva que compensaba el costo adicional de regresar al depósito después de un agotamiento con el costo de devolver el depósito para reabastecerse antes de que realmente se produzca un agotamiento. Para fines de comparación, se utilizó Simulated Annealing (SA) para generar la solución en las mismas condiciones. Obteniendo para el tamaño del problema con 12 clientes con capacidad de vehículo de 10 unidades, ambos algoritmos obtuvieron el mismo mejor costo, que es 69.4358 unidades. Pero las desviaciones porcentuales de los promedios del mejor costo asociado son 0.1322 y 0.7064 para ACS y SA. Los resultados indicaron que, para todos los rangos de demanda, el algoritmo ACO propuesto mostró un mejor desempeño que el algoritmo SA. Concluyendo que SA pudo obtener buenas soluciones para rangos pequeños, especialmente problemas pequeños. Para ACS, siempre se proporcionan buenos resultados para todos los rangos probados y los

tamaños de problemas del problema probado. (Z. Ismail, S. Loh, 2009).

Basado en las teorías anteriormente propuestas, se entiende por algoritmo de Optimización por Colonia de hormigas, como una técnica que se inspira en el sistema de hormigas, los cuales pueden ser encontradas en todo el mundo, y sabemos que estas se mueven en busca de comida, pero ellas no caminan basándose en sus ojos, sino de forma aleatoria, en otras palabras, andan sin un rumbo exacto hasta que encuentran su alimento, y regresan a su colonia, dejando un rastro de feromona., esta última no es para siempre, ya que con el pasar del tiempo comienza a evaporarse. Todo con el propósito de encontrar la ruta más corta (la mejor solución) entre los puntos de partida y llegada.

Adicionalmente también nos dan una idea de cómo se podría aplicar la Optimización por Colonia de Hormigas al problema del vendedor viajero, el cual nos indica dada una cierta cantidad de ciudades (nodos), el vendedor empieza su viaje desde su ciudad actual, y debe recorrer las demás ciudades sin repetir ninguna, y al final regresar a la ciudad inicial, para así encontrar el orden adecuado de las ciudades que se deben seguir, para que el total de distancia recorrido sea el mínimo.

Y todo en conjunto puede encontrar una solución al problema de recolección de desperdicios en las zonas urbanas en específico, donde se tiene que tener en cuenta las consideraciones al momento de calcular la ruta más óptima. Por ejemplo, no va a ser lo mismo que para una misma ruta, lo más óptimo sea igual que lo recorra dos camiones que uno solo, otro podría ser la cantidad de unidades como la cantidad de personal, que tienen las autoridades para hacer el recojo de desperdicios.

### 2.3. Definiciones de términos básicos u otros contenidos

- **Algoritmo**  
Conjunto de operaciones no infinito y ordenado que permitan hallar una solución a un determinado problema.
- **Algoritmo de la colonia de hormigas**  
Técnica probabilística en los campos de la investigación operativa y de las ciencias de la computación, con el único fin de dar solución a problemas computacionales relacionados a rutas, obteniendo así los mejores caminos o rutas en grafos.
- **Heurística**  
En algunas ciencias, es la forma de buscar la mejor solución de un problema, utilizando métodos no rigurosos, como por reglas empíricas o tanteo.
- **Colonia**  
Conjunto de personas procedentes de un lugar y se dirigen a otro territorio para establecerse en este último.
- **Hormiga**  
Insecto himenóptero, por lo general son de color negro, vive en sociedad, hay una diversidad de especies que se distinguen unas de otras por su coloración, tamaño y manera de construir sus colonias.
- **Hormiga Artificial**  
Las hormigas artificiales son aquellas que simulan ser las hormigas naturales, para ayudar a los investigadores en sus trabajos sobre optimización por colonia de hormigas.
- **Feromona**  
Sustancia excretada por algunos animales que influye en la conducta de los animales de su misma especie.
- **Ruta**  
Camino o dirección que se toma para un propósito.



## **2.4. Descripción de la Empresa (Municipalidad)**

### **Funciones de La gerencia de Desarrollo Ambiental**

- Supervisar, coordinar y planificar las actividades del servicio recolección, transportes y disposición de desperdicios sólidos como también de la limpieza pública y aseo urbano.
  
- Supervisar, coordinar y programar las actividades de mantenimiento de campos deportivos, jardines, alamedas, plazas, áreas verdes, etc.
  
- Supervisar, programar, coordinar y ejecutar la conservación y protección del medio ambiente con apoyo de las normas que establezcan los organismos rectores y la participación de los vecinos.
  
- Resolver las impugnaciones a las sanciones administrativas en primera instancia.

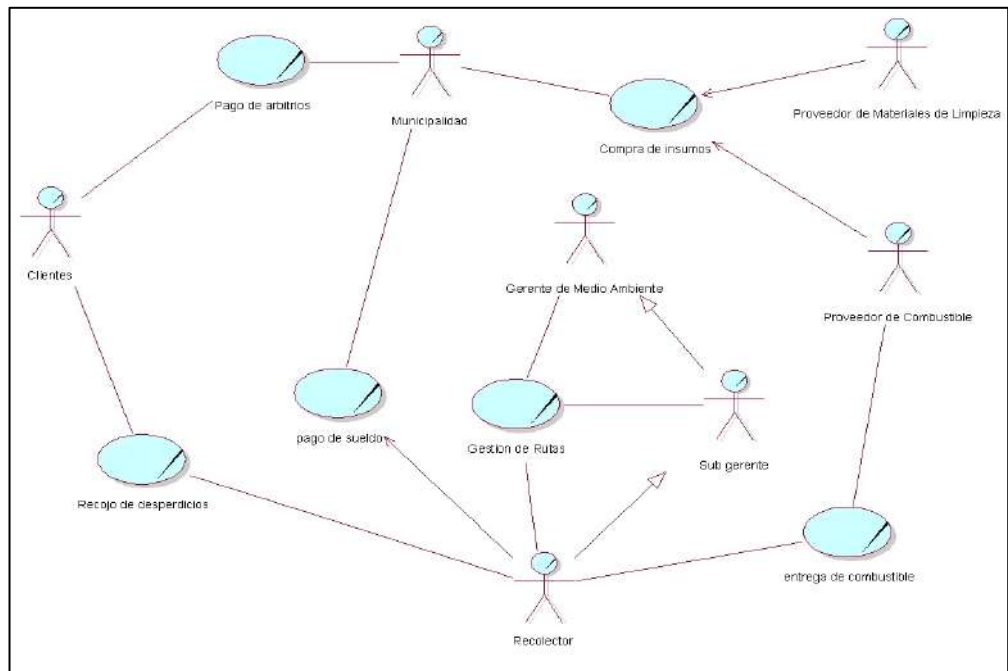
Figura 4: Organigrama de la Municipalidad Distrital de El Agustino



Fuente: [http://mdea.gob.pe/pdf/Organigramas/ORGANIGRAMA\\_MDEA\\_2019.pdf](http://mdea.gob.pe/pdf/Organigramas/ORGANIGRAMA_MDEA_2019.pdf)

## Caso de Uso de Negocio de la gerencia de desarrollo ambiental

**Figura 5: Caso de Uso del Negocio**



Fuente: Elaboración propia

### Descripción de los casos de uso

**Tabla 1: Caso de Uso Pago de Arbitrios**

Caso de Uso	Pago de arbitrios
<b>Actores</b>	Ciudadanos, municipalidad
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste en el cobro de arbitrios por parte de la municipalidad hacia los ciudadanos del distrito
<b>Precondiciones</b>	El ciudadano debe residir dentro de los límites del distrito de El Agustino
<b>Postcondiciones</b>	La municipalidad recauda fondos económicos para gastos de gestión
<b>Final exitoso</b>	El Ciudadano pagando sus impuestos a la municipalidad
<b>Final fallido</b>	El ciudadano no cumple con el pago de los arbitrios

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2: Caso de Uso Pago Servicios**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Supervisión del servicio</b>
<b>Actores</b>	Gerente del medio ambiente, sub gerente de limpieza pública y recolector.
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste controlar las horas de trabajo de los recolectores, así como su asistencia y calidad de trabajo.
<b>Precondiciones</b>	El actor Recolector debe trabajar para la municipalidad en calidad de contratado o nombrado.
<b>Postcondiciones</b>	Informe laboral del rendimiento laboral del recolector.
<b>Final exitoso</b>	No existe incumplimiento de funciones por parte de los recolectores.
<b>Final fallido</b>	El colector no cumple con sus condiciones.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3: Caso de Uso Supervisión del servicio**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Pago de servicios</b>
<b>Actores</b>	Municipalidad, gerente del medio ambiente, sub gerente de limpieza pública, proveedor de materiales de limpieza.
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste en el pago de los servicios prestados a los trabajadores de la municipalidad y a sus proveedores.
<b>Precondiciones</b>	Los actores beneficiados deben ser trabajadores o proveedores del municipio.
<b>Postcondiciones</b>	Los trabajadores y proveedores reciben sus respectivos pagos.
<b>Final exitoso</b>	La municipalidad cancela sus deudas.
<b>Final fallido</b>	La municipalidad incumple sus pagos.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4: Caso de Uso Recojo de desperdicios**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Recojo de desperdicios</b>
<b>Actores</b>	Ciudadano y recolector
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste en el recojo de desperdicios por parte del recolector que transita las diferentes rutas del distrito.
<b>Precondiciones</b>	Implementación de equipo necesario para salir a recorrer el distrito para el recojo de basura
<b>Postcondiciones</b>	Se recorre el distrito y se recoge los desperdicios dejados por el ciudadano
<b>Final exitoso</b>	Se recoge todos los desperdicios dejados en las calles del distrito
<b>Final fallido</b>	No se logra recoger todos los desperdicios

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5: Caso de Uso Entrega de camiones**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Entrega de camiones</b>
<b>Actores</b>	Recolector, Service Relimpio Express
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste en la entrega de los camiones recolectores de basura, a los recolectores para que cumplan con su trabajo
<b>Precondiciones</b>	Presentar al Service Relimpio Express, el Permiso y autorización municipal a los recolectores, para poder hacer entrega de los camiones.
<b>Postcondiciones</b>	La empresa autoriza el préstamo de sus camiones.
<b>Final exitoso</b>	El recolector toma posición del camión recolector.
<b>Final fallido</b>	El Service Relimpio Express se niega a entregar los camiones.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6: Caso de Uso Alquiler de camiones**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Alquiler de Camiones</b>
<b>Actores</b>	Sub gerente de limpieza pública y Service Relimpio Express
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste en la contratación del Service Relimpio Express, para el alquiler de los camiones
<b>Precondiciones</b>	Realizar el contrato del servicio con los requerimientos solicitados por parte de ambos actores
<b>Postcondiciones</b>	Contrato del servicio firmado por ambos actores
<b>Final exitoso</b>	Se logra alquilar los camiones recolectores
<b>Final fallido</b>	No se llega a un acuerdo y los camiones no son alquilados.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7: Caso de Uso de Compra de insumos**

<b>Caso de Uso</b>	<b>Compra de insumos</b>
<b>Actores</b>	Sub gerente de limpieza pública y proveedor de materiales de limpieza
<b>Descripción</b>	El caso de uso consiste en comprar insumos necesarios para que el trabajador (recolector) pueda cumplir con su trabajo exitosamente
<b>Precondiciones</b>	Realizar el contrato de compra y venta por parte de ambos actores
<b>Postcondiciones</b>	Estrega de los insumos comprados
<b>Final exitoso</b>	Se compra todos los insumos necesarios para que el trabajador (recolector) pueda trabajar
<b>Final fallido</b>	No se compra o falta insumos para llevar a cabo la recolección de desperdicios

Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Ubicación de zonas de recojo de desperdicios.

Se recopila la información necesaria para la optimización de la ruta de recojo de desperdicios, brindada por las autoridades encargadas de dicho municipio.

Con la información brindada por las autoridades municipales, se ubican las divisiones que se hace al distrito de El Agustino, ya que sería casi imposible recoger toda la basura en un solo camión y en una sola ruta, por eso se lo ha dividido en 18 rutas, compuestas por 9 camiones recolectores (Cada camión recorre dos rutas).

De estas 18 rutas, se puede dividir en 12 zonas, ya que 6 rutas son lineales (solo recorren un camino único), las 12 zonas se presentan:

**Tabla 8: Zonas de Recolección de desperdicios**

Zona	Distancia Recorrida (Km)	Tiempo Utilizado (Horas)	Toneladas (TN)	Ruta
Ancieta	9.85	4.13	12	Anexo 07
Cerro 1 vuelta sección "A"	12.38	3.46	10	Anexo 08 – Anexo 09
Cerro 1 vuelta sección "B"				
Cerro 2 vuelta	16.29	4.01	12	Anexo 10
Chamuchumbi	13.50	4.20	13	Anexo 11
Condominio	13.58	4.09	13	Anexo 12
Corporación	10.59	3.44	12	Anexo 13
Garcilaso	14.50	4.80	15	Anexo 14
Huancas	9.93	3.52	11	Anexo 15
Praderas	12.60	3.27	11	Anexo 16
Rivera del Río	14.19	4.01	11	Anexo 17
San Carlos	10.45	4.10	11	Anexo 18
San Cayetano	12.03	4.06	13	Anexo 19
San José	10.98	4.22	12	Anexo 20
Seremsa	7.81	3.45	12	Anexo 21
Siglo XXI	12.60	4.65	10	Anexo 22
Tayacaja	7.60	3.00	12	Anexo 23
Villa Hermosa	8.22	3.30	13	Anexo 24

Fuente: Municipalidad Distrital de El Agustino

A continuación, gracias a la información brindada por la Municipalidad de El Agustino, mostraremos los mapas de las 12 zonas del distrito de El Agustino que estarán bajo estudio.

### **2.5.1. Zona de Ancieta**

Esta zona (Anexo 07) tiene como referencia de ubicación geográfica, en dirección de Oeste a Este, estar al costado derecho del Cementerio El Ángel, y se encuentra limitado por las avenidas Plácido Jiménez, Sebastián Lorente y los jirones Ancash y San Carlos.

También podemos observar todo el recorrido realizado por la zona de Ancieta, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al oeste por Jr. Ancash (punto de partida).
- Gira levemente hacia la derecha con dirección Av. Sebastián Lorente.
- Dar media vuelta, en dirección al Jr. Ancash.
- Gira levemente hacia la derecha con dirección a Jr. Ancash
- Gira hacia la derecha con dirección a Las Lilas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. 16.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pimpinelas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Clavelinas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. 16.
- Gira hacia la derecha hacia Margaritas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Botón de Oro.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Ébanos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Botón de Oro.
- Gira hacia la derecha hacia a Cl. Botón de Oro.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Botón de Oro.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Guirnaldas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. 16.
- Gira hacia la derecha con dirección a Las Lilas.
- Gira hacia la derecha hacia Los Claveles.



- Gira hacia la izquierda con dirección a Guirnaldas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Digitales.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jacarandas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Los Dogos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Gencianas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Amancaes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jacarandas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Los Dogos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guirnaldas.
- Gira hacia la derecha hacia Los Claveles.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Los Linos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Copa de Oro.
- Gira hacia la izquierda hacia Manglares.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Manglares.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Linos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Las Buganvillas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Las Lilas.
- Gira hacia la derecha hacia Cl. 11.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. 11.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. 22.
- Gira hacia la derecha con dirección a Las Lilas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Plácido Jiménez.
- Da vuelta en U en Jr. Ancash.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Las Lilas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Los Claveles.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Ancash.
- Da vuelta en U en Las Lilas.
- Da vuelta en U en Av. Plácido Jiménez. (Punto de llegada)

### **2.5.2. Zona de Condominios**

Esta zona (Anexo 12) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Sur a Norte, está al costado derecho del Cementerio Presbítero Maestro Y se encuentra limitado por las avenidas Ferrocarril, Plácido Jiménez, la Cl. Cuatro y el Jr. Ancash.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de Condominios, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al oeste por Jr. Ancash hacia la Cl. Cuatro (punto de partida).
- Gira hacia la derecha hacia Cl. Cuatro.
- Da vuelta en U en Av. Parque B.
- Da vuelta en U en Cl. D.
- Da vuelta en U en Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha hacia Av. Parque B.
- Da vuelta en U en Cl. Uno.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Dos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. D.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Uno.
- Da vuelta en U en Av. Parque B.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Ancash.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Plácido Jiménez.
- Da vuelta en U en Cl. 10.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Ancash.
- Gira hacia la derecha con dirección a Los Claveles.
- Da vuelta en U en Guirnaldas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Ancash (punto de llegada).

### **2.5.3. Zona de Corporación**

Esta zona (Anexo 13) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Oeste a Este, está al costado derecho de una de la

avenida José de la Riva Agüero desde el paradero La Capilla hasta la 1° cuadra, bordeando los cerros de El Agustino. Y se encuentra limitado por las Cl. Renan, Cl Elías, Cl. 25 de Abril, Cl. Sta. Isabel, el Jr. Olivera, y las Av. José Riva Agüero, Av. Trinidad, Av. Chamuchumbi, Av. Independencia, Av. Marcelino Torres.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de Corporación, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al sureste por Hoyle Palacios (Punto de partida).
- Gira hacia la izquierda con dirección a Polo.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Luis Reynafarje Hurtado.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Juan Hoyle Palacios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a José A. Quiñones.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Chunqui.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Luis Reynafarje Hurtado.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Hoyle Palacios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Tejada.
- Gira hacia la derecha con dirección a Gutiérrez.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Luis Reynafarje Hurtado.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Tejada.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Hoyle Palacios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Tejada.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Renán Elías Olivera.
- Continúa por Olivera.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Polo.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Hoyle Palacios.
- Gira hacia la derecha con dirección a Tejada.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Astete y Mendoza.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cotrina.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cóndor Flores.
- Gira hacia la derecha con dirección a Mariano Baldarrago.
- Gira hacia la derecha con dirección a José A. Quiñones.

- Gira hacia la derecha con dirección a Eduardo Astete y Mendoza.
- Gira hacia la derecha con dirección a Tejada.
- Gira hacia la derecha con dirección a Mariano Baldarrago.
- Gira hacia la derecha con dirección a Eduardo Astete y Mendoza.
- Gira hacia la izquierda con dirección a José A. Quiñones.
- Gira hacia la izquierda hacia Hoyle Palacios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Pedro Chamochumbe.
- Gira hacia la derecha con dirección a Independencia.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ica.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pje. Orbegozo.
- Gira hacia la derecha con dirección a San Martín
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Pedro Chamochumbe.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Luis Fumagalli.
- Gira hacia la derecha con dirección a Palomine.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la derecha con dirección a Juan Fumagalli.
- Gira hacia la derecha hacia Luis Fumagalli.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. La Granada.
- Gira levemente hacia la derecha y se convierte en Trinitaria.
- Gira hacia la derecha con dirección a El Pensamiento.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha en Cl. El Pino.
- Gira hacia la derecha con dirección a Trinitaria.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Marcelino Torres.
- Gira levemente hacia la derecha en Av. Garcilaso de la Vega.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Los Andes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Ica.
- Gira hacia la izquierda hacia Pje. Orbegozo (Punto de Llegada).

#### **2.5.4. Zona de Huancas**

Esta zona (Anexo 15) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Sur a Norte, estar al costado izquierdo de la intersección de la Vía de Evitamiento con la línea del Ferrocarril, hasta Puente Nuevo (intersección de la Vía de Evitamiento con la avenida José Carlos Mariátegui). Y se encuentra limitado por las avenidas Ferrocarril, José Carlos Mariátegui y 1° de Mayo.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de Huancas, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al noroeste por Av. José Carlos Mariátegui (Punto de partida).
- Gira hacia la derecha con dirección a Bosque Huanca.
- Gira hacia la derecha con dirección a Juanjuí.
- Gira hacia la izquierda con dirección hacia la Cl. Los Mirlos.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Begonias.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha en Las Rosas.
- Gira levemente hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Caracol.
- Gira hacia la izquierda hacia Inti.
- Gira hacia la izquierda con direcciones a Esmeraldas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Martín L. King.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cantutas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Manuel Scorza.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rivet.
- Gira hacia la izquierda con dirección a M. A. Asturias.

- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. San Ignacio de Loyola.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Isaac Newton.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Víctor Hugo Gerani.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Salazar Bondy.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. San Ignacio de Loyola.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Isaac Newton.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cantutas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Martin L. King.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira levemente hacia la izquierda hacia Las Rosas.
- Gira levemente hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Casuarinas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cactus.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Begonias.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Juanjuí.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha hacia Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Bosque Huanca.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jardines.
- Gira hacia la derecha con dirección a Casuarinas.
- Gira hacia la derecha hacia Bosque Huanca.
- Da vuelta en U en Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Juanjuí.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Las Magnolias.
- Da vuelta en U en Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Inti.
- Gira hacia la derecha hacia Caracol.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Esmeraldas.

- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Independencia.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Da vuelta en U en Incahuasi.
- Sigue recto por Av. José Carlos Mariátegui (Punto de llegada).

### **2.5.5. Zona de Praderas**

Esta zona (Anexo 16) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Sur a Norte, está al costado derecho de la Planta de tratamiento y reserva de agua potable La Atarjea. Y se encuentra limitado por las avenidas Ferrocarril, Las Praderas, El Parque de la Aguas, el jirón El Oasis, la calle La Alameda.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de Praderas, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al norte hacia Del Parque Norte (Punto de partida).
- Gira hacia la izquierda con dirección a Del Parque Norte.
- Gira hacia la derecha hacia Del Parque Norte.
- Gira hacia la derecha hacia Del Parque Norte.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Del Parque Norte.
- Da vuelta en U en Las Alondras.
- Gira hacia la izquierda
- Gira hacia la derecha hacia El Parque de las Aguas.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha en Urbanización Santa Elvira.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la derecha hacia Av. Las Praderas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Las Praderas.
- Gira hacia la izquierda con dirección en Av. Huarochirí.
- Gira hacia la izquierda hacia Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. 2.

- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Huarochirí.
- Gira hacia la izquierda para continuar por Av. Huarochirí.
- Gira hacia la derecha hacia Av. Las Praderas.
- Gira hacia la derecha con dirección a La Costanera.
- Gira hacia la derecha con dirección a Huertos.
- Gira hacia la derecha para continuar en Huertos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Montes.
- Gira hacia la derecha con dirección a Planicie.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Las Praderas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Alameda.
- Gira hacia la derecha hacia Frutales.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Foresta.
- Gira hacia la izquierda con dirección a El Arroyo.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Frutales.
- Gira hacia la derecha hacia Av. Huarochirí.
- Continúa por Av. Huarochirí.
- Gira hacia la derecha con dirección a Madrigal.
- Continúa por Viñas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a La Costanera.
- Gira hacia la derecha con dirección a Llanuras.
- Gira hacia la derecha con dirección a El Trigal.
- Gira hacia la derecha con dirección a La Costanera.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Llanuras.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Alameda.
- Gira hacia la derecha en Viñas.
- Gira hacia la derecha hacia Cl. Alborada.
- Gira hacia la izquierda con dirección a El Jardín.
- Gira hacia la izquierda con dirección a El Arenal.
- Gira hacia la derecha con dirección a Madrigal.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ensenada.



- Gira hacia la izquierda hacia El Jardín.
- Gira hacia la derecha hacia Av. Huarochirí.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha con dirección a La Costanera.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Las Praderas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Huarochirí (Punto de llegada).

### **2.5.6. Zona de San Carlos**

Esta zona (Anexo 18) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Norte a Sur, está al costado derecho del Cementerio El Ángel. Y se encuentra limitado por la avenida José de la Riva Agüero, y los jirones Inca Ripac, San Carlos.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de San Carlos, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al sur por la Jr. San Carlos (Punto de partida).
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pje. San Miguel.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pje. 94.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. San Carlos.
- Gira hacia la izquierda hacia Los Claveles.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la derecha con dirección a Sta. Rosa.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Chiquian.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Fátima.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la derecha con dirección a Lourdes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Chiquian.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Los Sauces.
- Da vuelta en U en Belén.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Chiquian.

- Gira hacia la derecha con dirección a Colon.
- Gira hacia la derecha con dirección a 9 De Octubre.
- Gira hacia la derecha con dirección a Chaviña.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Osoros.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Chiquian.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pallasca.
- Gira hacia la derecha con dirección a Prolongación Chimbote.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Chiquian.
- Gira hacia la derecha con dirección a 9 De Octubre.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guadalupe.
- Gira hacia la derecha con dirección a Inca Ripac.
- Gira hacia la derecha con dirección a Unión.
- Gira hacia la derecha con dirección a 9 De Octubre.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Santa Clara.
- Gira hacia la derecha con dirección a Inca Ripac.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guadalupe.
- Gira hacia la derecha con dirección a 9 De Octubre.
- Gira hacia la derecha con dirección a Sánchez Carrión.
- Gira hacia la derecha con dirección a Inca Ripac.
- Gira hacia la derecha hacia Colon.
- Gira hacia la derecha con dirección a 9 De Octubre.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la derecha con dirección a Inca Ripac.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Chiquian.
- Continúa por Jr. San Carlos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Continúa por Av. Riva Agüero.
- Da vuelta en U en Inca Ripac.
- Continúa por Av. Riva Agüero. (Punto de llegada).

### **2.5.7. Zona de San Cayetano**

Esta zona (Anexo 19) tiene como referencia de ubicación geográfica, en dirección Oeste a Este, está al costado izquierdo de la avenida José de la Riva Agüero, esta zona se caracteriza por ser el límite con los distritos de La Victoria y el Cercado de Lima. Y se encuentra limitado por las avenidas Miguel Grau, José de la Riva Agüero, José de la Rivera y Dávalos y los jirones Inca Ripac, Alfonso Ugarte, Ocros, Locumba, Cajacay.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de San Cayetano, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al suroeste por Av. Riva Agüero (Punto de partida).
- Gira hacia la derecha con dirección a Cruz.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cáceres.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Riva Agüero.
- Gira hacia la izquierda con dirección a la Avenida Miguel Grau.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Junín.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Bolognesi.
- Gira hacia la izquierda con dirección a La Mar.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Sta. Cruz.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Bolívar.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Sucre.
- Gira hacia la izquierda con dirección a La Mar.
- Gira hacia la derecha con dirección a San Martín.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Castilla.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Bolívar.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Sta. Cruz.
- Gira hacia la izquierda con dirección a San Martín.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cáceres.
- Dar vuelta en U en San Roque.
- Gira hacia la derecha.

- Gira hacia la derecha hacia Llamellin.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Unión.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ocros.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Guadalupe.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Inca Ripac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Unión.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Ocros.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Guadalupe.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Hernando De Luque.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ocros.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Colón.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Inca Ripac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Hernán Cortéz.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Ocros.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Cristóbal Colón.
- Dar vuelta en U en Hernando De Luque.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ocros.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Sánchez Carrión.
- Gira hacia la izquierda hacia Inca Ripac.
- Gira hacia la izquierda en Jr. Chiquian.
- Continúa por Jr. Chiquian.
- Gira hacia la derecha con dirección a Llamellin.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ocros.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pampas.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pampas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Ocros.
- Gira hacia la izquierda en Jr. Chiquian.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pallasca.

- Gira hacia la izquierda con dirección a Chimbote.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Ocros.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Huandoval.
- Gira hacia la derecha con dirección a Chimbote.
- Gira hacia la derecha hacia Cabana.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Sayan.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pallasca.
- Continúa por Cajacay.
- Gira hacia la derecha con dirección a Jr. Cerro San Francisco.
- Gira hacia la derecha en Dávila.
- Gira hacia la derecha con dirección a Mariano De Los Santos.
- Gira hacia la derecha hacia Locumba.
- Da vuelta en U.
- Gira hacia la derecha con dirección a Huacho.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Oyón.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Huacho.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rivera y Dávalos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Blvd. República.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Miguel Grau.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha con dirección a Conchucos.
- Gira levemente hacia la derecha con dirección a Blvd. República.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Miguel Grau.
- Da vuelta en U en Jr. Junín.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cabana.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cerro Azul.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cabana.
- Gira hacia la derecha hacia Cerro Azul.

- Gira hacia la izquierda con dirección a Jr. Végueta.
- Gira hacia la derecha hacia Chimbote (Punto de llegada).

### **2.5.8. Zona de San José**

Esta zona (Anexo 20) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Sur a Norte, está al costado izquierdo de la Vía de Evitamiento (parte de la Panamericana Norte) hasta la avenida Bosque Huanca. Y se encuentra limitado por las avenidas Plácido Jiménez, 1° de Mayo, José Carlos Mariátegui y Bosque Huanca.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de San Cayetano, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al suroeste por Av. Bosque Huanca (Punto de partida).
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Plácido Jiménez.
- Gira hacia la derecha y se convierte en Av. Las Magnolias.
- Dar vuelta en U en Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha.
- Continúa por Retamas.
- Continúa por Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Esmeraldas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Brillantes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Lirios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a San José.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Las Gardenias.
- Continúa por Gardenias.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Geranios.
- Gira hacia la izquierda hacia Lirios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Girasoles.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Gardenias.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Violetas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Lirios.

- Gira hacia la izquierda con dirección a 23 De Septiembre.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Gardenias.
- Gira hacia la izquierda con dirección a amatistas.
- Gira a izquierda hacia Alhelés.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Azucenas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Gardenias.
- Gira hacia la derecha hacia Cl. Geranios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Alhelés.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cantuta.
- Gira hacia la derecha con dirección a Gardenias.
- Gira hacia la derecha con dirección a Brillantes.
- Gira hacia la derecha con dirección a Lirios.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cantuta.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Alhelés.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Diamantes.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Los Rubíes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Alhelés.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Las Agatas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Quilla.
- Gira hacia la izquierda con dirección a CL. Los Alhelés.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Emeritas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha con dirección a Esmeraldas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Gaviotas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Alhelés (Punto de llegada).

### **2.5.9. Zona de Seremsa**

Esta zona (Anexo 21) tiene como referencia de ubicación geográfica, en la dirección de Sur a Norte, estar al costado derecho inferior de la intersección de la Vía de Evitamiento (parte de la Panamericana Norte) y la Autopista Ramiro Priale, hasta el comienzo de la Planta de tratamiento y reserva de agua potable La Atarjea. Y se encuentra limitado por las avenidas Río Rímac, Río Surco, Río Blanco.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de Ancieta, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al noreste por Cl. Río Blanco (Punto de inicio).
- Gira hacia la izquierda con dirección Cl. Río Surco.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Río Rímac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Agua Dulce.
- Gira hacia la derecha hacia Puquiales.
- Gira hacia la derecha con dirección a Aguajal.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Río Rímac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Aguamarina.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Puquiales.
- Gira hacia la derecha con dirección a Aguajal.
- Gira hacia la derecha con dirección a Desarenador.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. La Atarjea.
- Gira hacia la derecha con dirección a Represamiento.
- Gira hacia la derecha con dirección a Aguajal.
- Incorpórate a Cl. Agua Dulce.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pje. Sedimentación.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. La Atarjea.
- Gira hacia la derecha con dirección a Precloración.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Agua Dulce.
- Gira hacia la derecha en Cl. Río Blanco.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la izquierda hacia Pje. Filtración



- Gira hacia la derecha con dirección a Av. La Atarjea.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Río Rímac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. La Atarjea.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Río Blanco.
- Gira al a derecha con dirección a Cl. Los Manantiales.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Riachuelos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Río Rímac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. El Estanque.
- Continúa recto hacia Cl. La Bocatoma.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Los Manantiales.
- Gira pronunciadamente hacia la izquierda con dirección a Cl. Río Rímac.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. El Estanque.
- Gira hacia la derecha para continuar en Cl. El Estanque.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pje. Las Galerías.
- Gira hacia la derecha con dirección a Lagunas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Pje. Los Reservorios.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. El Estanque.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pje. Las Galerías.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Ferrocarril (Punto de llegada).

#### **2.5.10. Zona de Siglo XXI**

Esta zona (Anexo 22) tiene como referencia de ubicación geográfica, en dirección de Oeste a Este, está al costado derecho del Cementerio Padre Eterno. Y se encuentra limitado por las avenidas Bosque Huanca, Plácido Jiménez, José Carlos Mariátegui, Ferrocarril y por la calle Santa Rosita.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de San Cayetano, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al norte por Av. José Carlos Mariátegui (Punto de partida).
- Da vuelta en U en Av. Las Magnolias.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Los Granitos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cristales.
- Gira hacia la izquierda con dirección a El Silicio.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la derecha con dirección a Los Granitos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Bosque Huanca.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cl. Las Agatas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cerámicas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Zafiros.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Gemas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Tungsteno.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cerámicas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Topacios.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. San Juan.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Bosque Huanca.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Cantutas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Almendras.
- Gira hacia la derecha con dirección a El Bambú.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Pje. J.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Huaycán.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha hacia Las Almendras.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Las Almendras.
- Gira hacia la derecha con dirección a Quinoa.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Bosque Huanca.
- Gira hacia la izquierda con dirección a San Martín.
- Gira hacia la derecha hacia Las Almendras.

- Gira hacia la derecha con dirección a Abedul.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Bosque Huanca.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Plácido Jiménez.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Paujiles.
- Continúa por Paujiles.
- Gira hacia la derecha con dirección a Águila Real.
- Gira hacia la derecha con dirección a Grullas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Gorriones.
- Gira hacia la derecha con dirección a Quetzal.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- En el Ovalo Riva Agüero gira en U.
- Continúa por Av. José Carlos Mariátegui. (Punto de llegada).

#### **2.5.11. Zona de Tayacaja**

Esta zona (Anexo 23) tiene como referencia de ubicación geográfica, en dirección de Sur a Norte, está al costado izquierdo de la Vía de Evitamiento (parte de la Panamericana Norte), desde la avenida César Vallejo hasta la avenida Ferrocarril. Y se encuentra limitado por las avenidas 1° de Mayo, César Vallejo, José Carlos Mariátegui y Ferrocarril.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de San Cayetano, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al norte por Av. José Carlos Mariátegui (Punto de partida).
- Gira hacia la derecha con dirección a Los Algarrobos.
- Gira hacia la izquierda hacia Incahuasi.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Faisanes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Garzas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Ruiseñores.
- Gira hacia la derecha con dirección a Incahuasi.

- Gira hacia la derecha con dirección a Codornices.
- Gira hacia la derecha con dirección a Garzas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Faisanes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Halcones.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. José Carlos Mariátegui.
- Gira hacia la derecha hacia Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cl. Elías Aguirre.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guindas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Leoncio Prado.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Nísperos.
- Gira hacia la derecha hacia Cerezos.
- Gira hacia la derecha hacia Cerezos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Guindas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Olivos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guayabos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Cocos.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Guindas.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Higos.
- Gira hacia la derecha con dirección a César Vallejo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Tayacaja.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guindas.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha.
- Gira hacia la izquierda.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Guindas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. Ferrocarril.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Guayabos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Tayacaja.

- Gira hacia la derecha con dirección a Los Algarrobos.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha.
- Continúa por César Vallejo.
- Gira levemente hacia la derecha hacia José Carlos Mariátegui.
- Continúa por Av. José Carlos Mariátegui. (Punto de llegada).

### **2.5.12. Zona de Villa Hermosa**

Esta zona (Anexo 24) tiene como referencia de ubicación geográfica, en dirección de Sur a Norte, está al costado izquierdo de la Vía de Evitamiento (parte de la Panamericana Norte) entre el límite del distrito de El Agustino con el distrito de Santa Anita, hasta la avenida César Vallejo. Y está limitada por las avenidas 1° de Mayo, José Martí, Venezuela, César Vallejo y el jirón Río Chepén.

También podemos observar todo el recorrido que realiza por la zona de San Cayetano, la cual describimos a continuación:

- Dirígete al oeste hacia Av. 1ro de Mayo (Punto de partida).
- Continúa por César Vallejo.
- En Ovalo Riva Agüero da vuelta en U.
- Continúa por César Vallejo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Río Chepén.
- Gira hacia la izquierda.
- Continúa por Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Río Nanay.
- Gira hacia la derecha con dirección a Río Nieva.
- Da vuelta en U en Río Nauta.
- Gira hacia la derecha en Río Nanay.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Río Chepén.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. José Martí.
- Gira levemente hacia la derecha.
- Dar vuelta en U en Cooperativa Virgen de las Nieves.

- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Santa.
- Gira hacia la izquierda en Rio Chilca.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Ucayali.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Da vuelta en U en Mariátegui.
- Continúa por Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Saposoa.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Chepén.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Saña.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Santa.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Atalaya.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Corrientes.
- Gira hacia la derecha con dirección a Aguas Verdes.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Santa.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Nanay.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Rio Chira.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Lagunas.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Corrientes.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Nanay.
- Gira levemente hacia la derecha.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Rio Santa.
- Da vuelta en U en Rio Chilca.
- Gira hacia la derecha con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la derecha con dirección a Neruda.
- Da vuelta en U en Atusparia.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Mariátegui.
- Gira hacia la izquierda con dirección a Av. 1ro de Mayo.
- Continúa por Av. 1ro de Mayo.
- Gira hacia la izquierda en Cesar Vallejo. (Punto de llegada).

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Definición de las variables

##### 3.1.1 Variable independiente

Software basado en el algoritmo de colonias de hormigas que se define como el sistema que permita buscar la ruta óptima.

##### 3.1.2 Variable dependiente

Rutas de recojo de desperdicio. Se define como el camino recorrido por el transporte de desechos del distrito

#### 3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 9: Operacionalización de la variable independiente**

<b>variables</b>	<b>definición</b>	<b>dimensiones</b>	<b>indicadores</b>
Software basado en el algoritmo de colonias de hormigas	Una solución más innovadora que está transformando la experiencia del recojo de desperdicio.	técnica  usuario	- funcionalidad, reutilización, eficiencia, confiabilidad, empaquetamiento, durabilidad, adaptabilidad, y, por último, portabilidad e interoperabilidad.  - las herramientas que ofrece la plataforma como la usabilidad y accesibilidad.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10: Operacionalización de la variable dependiente**

<b>variables</b>	<b>definición</b>	<b>dimensiones</b>	<b>indicadores</b>
Rutas de recojo de desperdicio	Se define como el camino recorrido por el transporte de desechos del distrito	tiempo de recojo  distancia recorrida	Tiempo promedio de recojo  Distancias máximas y mínimas recorridas

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Hipótesis general e hipótesis específica**

#### **3.3.1 Hipótesis general**

Un software basado en algoritmo de colonias de hormigas mejora las rutas de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino

#### **3.3.2 Hipótesis específicas**

- a) Un software basado en algoritmo de colonias de hormigas disminuye el tiempo de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino
- b) Un software basado en algoritmo de colonias de hormigas disminuye la distancia recorrida por los camiones recolectores de desperdicios del distrito de El Agustino.



## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo de investigación

Para la investigación se utilizó el tipo de estudio es descriptiva, tal como Hernández Fernández y Batista (2017), manifiesta, pues describimos la realidad de diferentes escenarios, personas, comunidades, grupos, eventos o situaciones, que se estén analizando y se pretende abordar.

Por lo que como investigadores examinamos las características del tema, definamos su comportamiento y formulemos las hipótesis, desarrollando la explicación de sus datos a través de un instrumento, no solamente en el procesamiento de datos, sino en los resultados. (Hernández Fernández y Batista, 2010)

### 4.2 Diseño de la investigación

Utilizamos el diseño no experimental, dado que las inferencias que presentamos son resultado de la observación de la relación o influencia de variables, sin manipulación de las misma, ósea en un contexto natural, tal como lo indica Hernández Fernández y Batista (2010), de corte transaccional causal, recolectados en un solo momento.

### 4.3 Población y muestra

**Población:** Para Hernández Sampieri, "una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones" (p. 65).

La población está conformada por todas las rutas vigentes en el año 2018, del recojo de desperdicios del distrito de El Agustino. Siendo un total de 17 rutas distribuidas por todo el distrito.

**Muestra:** Para nuestra investigación, determinar la problemática ya que les capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso, como indica Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), que la porción de la población, nos permite estudiar un fenómeno estadístico.

Nuestra muestra está dada el total de la población, siendo una muestra censal de 17 rutas distribuidas por todo el distrito.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Como técnica se utilizó la observación de las rutas de recolección de basura en el distrito que se divide en zonas. Según García (2002) que señala, el uso de muestras representativas puede observarse usando procedimientos estandarizados de interrogación, lo que nos permitió obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población”. El instrumento que se utilizó es la ficha de observación de las rutas.

#### **4.5 Procesamiento de recolección de datos**

**Ficha de observación:** Como ficha de observación usamos ficha de observación de las rutas que nos permitió la recolección de datos a partir de las fuentes primarias de la municipalidad. Es el instrumento que vincula el planteamiento del problema con las respuestas que se obtienen de la muestra. (García, 2002)

#### **4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos**

##### **Definición de variables**

$I_a$ : Indicador del tiempo promedio de recojo sin un software basado en algoritmo de colonias de hormigas

$I_d$ : Indicador del tiempo promedio de recojo con un software basado en algoritmo de colonias de hormigas

##### **Hipótesis estadística**

**Hipótesis General (HG):** Un software basado en algoritmo de colonias de hormigas mejora las rutas de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino

## **Variables**

$I_{a1}$ : Resultado del tiempo promedio de recojo sin un software basado en algoritmo de colonias de hormigas

$I_{d1}$ : Resultado del tiempo promedio de recojo con un software basado en algoritmo de colonias de hormigas

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Un software basado en algoritmo de colonias de hormigas no mejora las rutas de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino

$$H_0: I_{d1} \geq I_{a1}$$

**Hipótesis Alternativa ( $H_A$ ):** Un software basado en algoritmo de colonias de hormigas mejora las rutas de recojo de desperdicios del distrito de El Agustino

$$H_A: I_{d1} < I_{a1}$$

## V. RESULTADOS

### 5.1. Procedimiento

#### 5.1.1. Reconocimiento de los nodos o puntos de acumulación de residuos de sólidos en las rutas recorridas.

Cuando la Municipalidad de El Agustino facilitó todas las rutas de recojo de desperdicios existentes en el distrito. Se le hizo la consulta si tenían mapeado o conocimiento sobre los nodos críticos o de mayor depósito de desperdicios sólidos en los caminos recorridos por los vehículos recolectores. La respuesta nos sorprendió, ya que en resumen nos respondieron que no necesitaban de eso para saber o crear la ruta de recojo de residuos, que (ellos) se basan en un método empírico, se guían de “sus años de experiencia que tienen trabajando en estos temas...”.

Esto fue nuestro primer inconveniente encontrado, irónicamente puesta por el mismo municipio, lo que nos obligó a replantear nuestro objetivo de “Encontrar la mejor opción de recojo de residuos sólidos para cada ruta existente en el distrito de El Agustino” a “Buscar la mejor opción de recojo de residuos sólidos para una ruta determinada del distrito de El Agustino”.

Por lo que escogimos una ruta y por nuestros propios medios (conocer la zona de la ruta escogida, preguntando a vecinos, esperar que pase el camión recolector por cierta zona, entre otros), nos pusimos a investigar los nodos críticos (puntos) de depósito de desperdicios sólidos de la ruta seleccionada.

Todas estas actividades no fueron fáciles, las realizamos durante nuestros tiempos libres, por lo que el tiempo promedio que nos tomó hacer un bosquejo de los nodos críticos (puntos) de depósito de desperdicios sólidos de la ruta, fue alrededor de 8 meses.

### **5.1.2. Distancia entre los nodos descritos**

Una vez que obtuvimos un acercamiento de todos los nodos críticos (puntos) de depósito de desperdicios sólidos de la ruta seleccionada. El siguiente paso, era calcular la distancia entre cada uno de estos puntos críticos (nodos).

Por lo que recurrimos a la herramienta “Google Maps” que nos ayudó en el cálculo aproximado de dichas distancias requeridas.

### **5.1.3. Software basado en el Algoritmo de Colonia de Hormigas (ACH)**

Para este punto, con la ayuda del NetBeans, con el cual desarrollamos la versión 2.0 del software utilizado la versión 1.0 fue desarrollada con la ayuda de Microsoft Visual Studio (ambas desarrolladas por los autores de la presente tesis).

Para decidir la cantidad de nodos a considerar por recorrido de las hormigas, tomamos en cuenta las restricciones brindadas por la municipalidad, las cuales son:

- Las avenidas principales deben ser recorridas en toda su distancia (o en su mayoría) una sola vez, no por tramos.
- Los camiones recolectores deben considerar las direcciones con que cuentan las calles de la zona recorrida.

## **5.2. Resultados Obtenidos**

A pesar que el distrito de El Agustino, está dividida por zonas, y cada zona tiene su propia ruta, hemos obtenido resultados positivos y favorables para la investigación, pero a la vez noticias nada agradables para la Municipalidad de El Agustino. Se pudo verificar que a pesar de tener definidas rutas de recojo de desperdicios, estas no son las más óptimas,

recorriendo distancias innecesarias, como también consumiendo tiempo innecesario en dichos recorridos.

A continuación, para caso práctico le presentamos la solución obtenida de la simulación hecha para la Zona de Villa Hermosa, escogida por ser la zona con segmentos de ruta que son recorridos varias veces por el camión recolector.

En esta zona, la mejor ruta se obtuvo dividiendo a través del siguiente procedimiento:

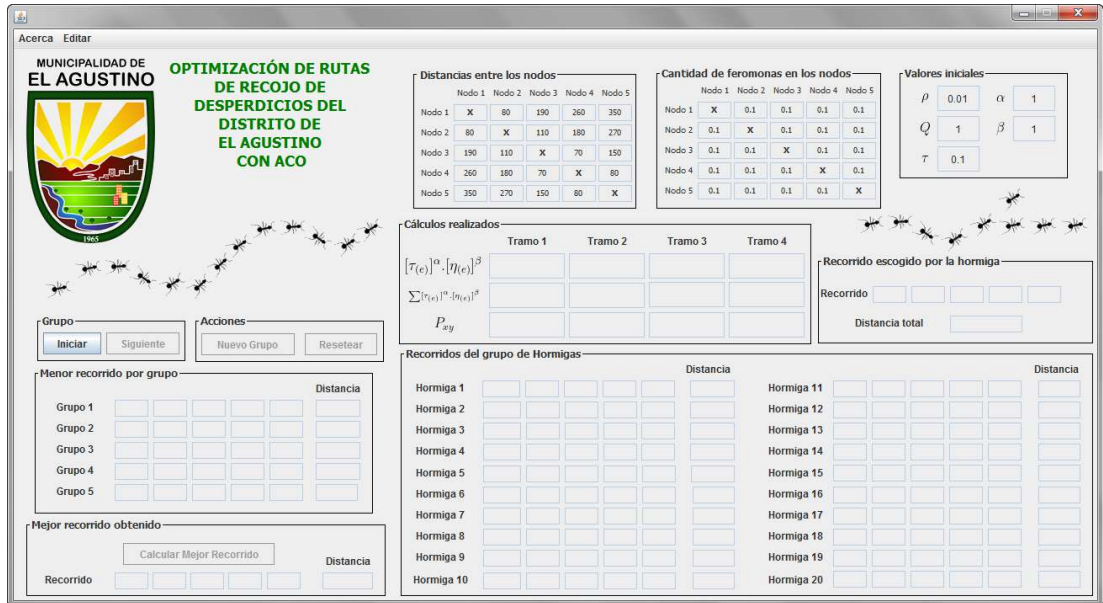
- Se dividió la ruta en 8 secciones
- Cada sección contiene como máximo 4 segmentos
- Los segmentos están compuestos por 5 nodos (puntos críticos de recojo de desperdicios sólidos)
- Cada segmento (llamado recorrido dentro del software) es calculado a través del algoritmo de colonia de hormigas, a través de un proceso que genera 100 iteraciones (100 hormigas) donde se obtiene el recorrido óptimo.
- El mejor recorrido de cada sección, es seleccionada para crear ruta final, la cual será la mejor ruta encontrada.
- Cabe mencionar que la cantidad de segmentos depende de la cantidad de puntos críticos (nodos). Para este ejemplo (Zona de Villa Hermosa), se determinó una cantidad de 53 puntos críticos, obteniéndose un total de 18 segmentos, propuestos en esta zona determinada, considerando las restricciones explicadas por la Municipalidad Distrital de El Agustino.

Para la demostración matemática, de lo que realiza internamente el software sobre el algoritmo de colonia de hormigas, lo explicaremos en el primer grupo (20 hormigas) del primer recorrido de la primera sección de la ruta de Villa Hermosa.

### 5.2.1. Recorrido N° 1 de Villa Hermosa

#### a. Ingreso de Datos

Figura 6: Ingresando datos Recorrido N° 1



Fuente: Elaboración propia

#### b. Análisis de Datos

Tabla 11: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 1

Distancia	A	B	C	D	E
A	X	80	190	260	350
B	80	X	110	180	270
C	190	110	X	70	150
D	260	180	70	X	80
E	350	270	150	80	X

Fuente: Elaboración propia

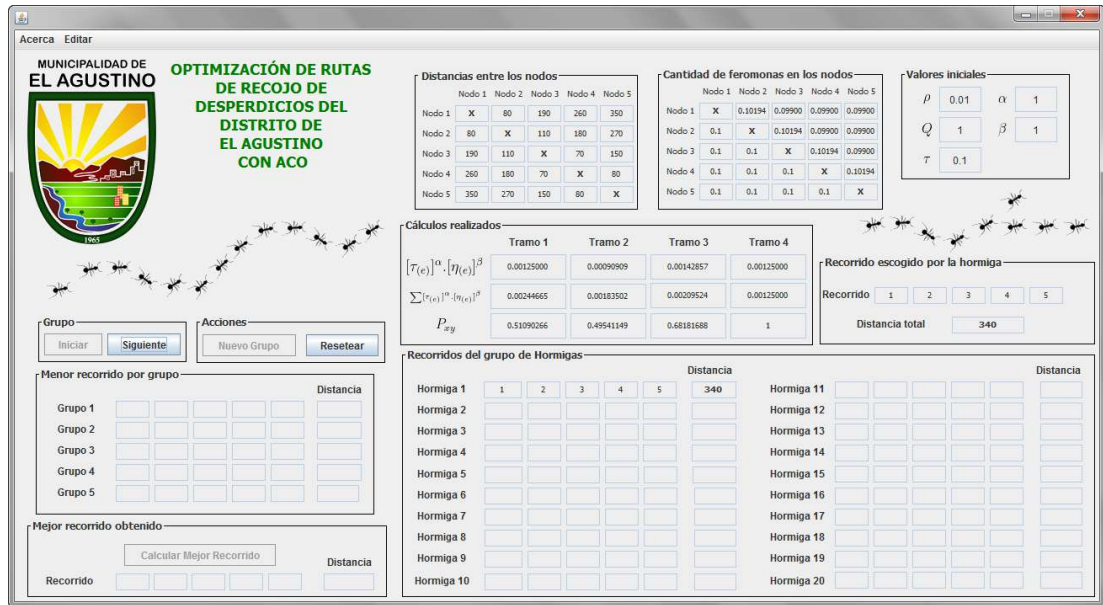
Tabla 12: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 1

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 1

Figura 7: Resultado Hormiga N°1 - Recorrido N° 1



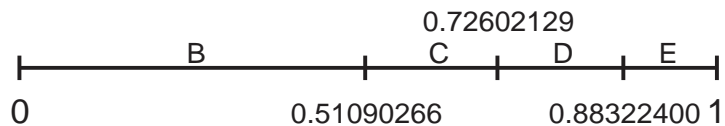
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.1	0.01250000	0.00125000	0.51090266
A - C	190	0.1	0.00526316	0.00052632	0.21511863
A - D	260	0.1	0.00384615	0.00038462	0.15720271
A - E	350	0.1	0.00285714	0.00028571	0.11677600
			$\Sigma$ 0.00244665		$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.183

Camino seleccionado = A – B

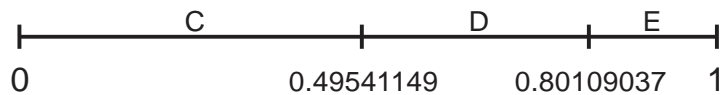


**Tabla 14: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.1	0.00909091	0.00090909	0.49541149
B - D	180	0.1	0.00555556	0.00055556	0.30275419
B - E	270	0.1	0.00370370	0.00037037	0.20183431
				$\Sigma$ 0.00183502	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.231

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 15: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.1	0.01428571	0.00142857	0.68181688
C - E	150	0.1	0.00666667	0.00066667	0.31818312
				$\Sigma$ 0.00209524	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.251

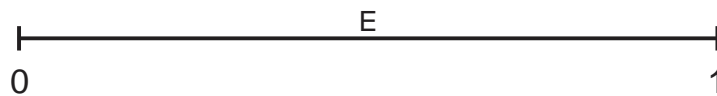
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 16: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.1	0.01250000	0.00125000	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00125000	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.774

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 17: Recorrido de la Hormiga N° 1 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

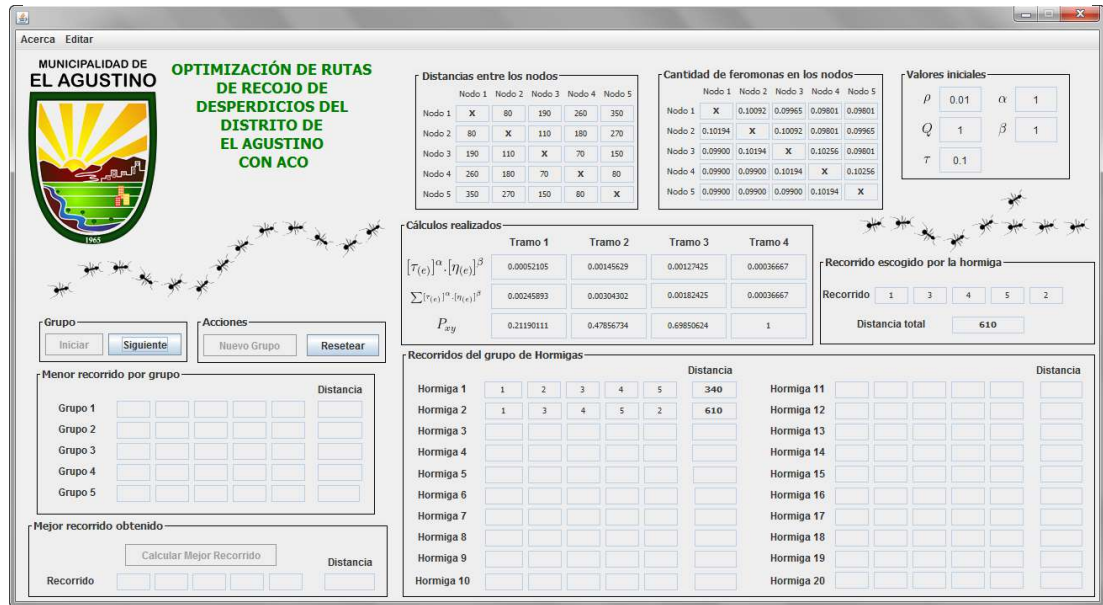
**Tabla 18: Actualización de feromonas - Hormiga N° 1**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.1	0.099	0.00294	0.10194
A - C	0.99	0.1	0.099	0.00000	0.09900
A - D	0.99	0.1	0.099	0.00000	0.09900
A - E	0.99	0.1	0.099	0.00000	0.09900
B - C	0.99	0.1	0.099	0.00294	0.10194
B - D	0.99	0.1	0.099	0.00000	0.09900
B - E	0.99	0.1	0.099	0.00000	0.09900
C - D	0.99	0.1	0.099	0.00294	0.10194
C - E	0.99	0.1	0.099	0.00000	0.09900
D - E	0.99	0.1	0.099	0.00294	0.10194

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 2

Figura 8: Resultado Hormiga N°2 - Recorrido N° 1



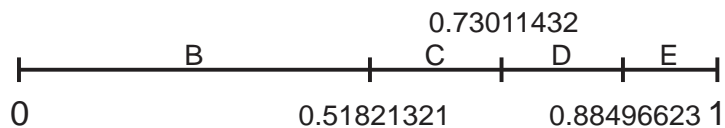
Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10194	0.01250000	0.00127425	0.51821321
A - C	190	0.09900	0.00526316	0.00052105	0.21190111
A - D	260	0.09900	0.00384615	0.00038077	0.15485191
A - E	350	0.09900	0.00285714	0.00028286	0.11503377
				$\sum$ 0.00245893	$\sum$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



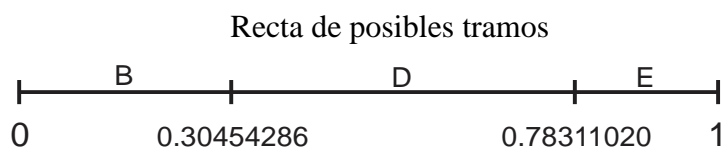
N° Random = 0.253

Camino seleccionado = A – C

**Tabla 20: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - B	110	0.10194	0.00909091	0.00092673	0.30454286
C - D	70	0.10194	0.01428571	0.00145629	0.47856734
C - E	150	0.09900	0.00666667	0.00066000	0.21688980
				$\Sigma$ 0.00304302	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



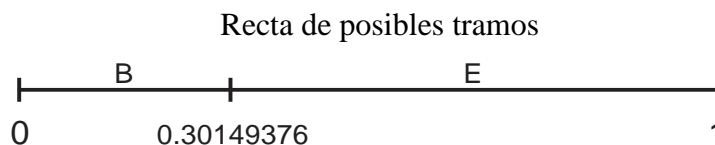
N° Random = 0.632

**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 21: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - B	180	0.09900	0.00555556	0.00055000	0.30149376
D - E	80	0.10194	0.01250000	0.00127425	0.69850624
				$\Sigma$ 0.00182425	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.841

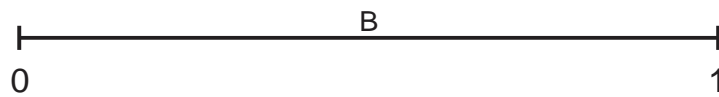
**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 22: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - B	270	0.09900	0.00370370	0.00036667	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00036667	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.172

**Camino seleccionado = E - B**

**Tabla 23: Recorrido de la Hormiga N° 2 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	C	D	E	B	<b>610</b>

Fuente: Elaboración propia

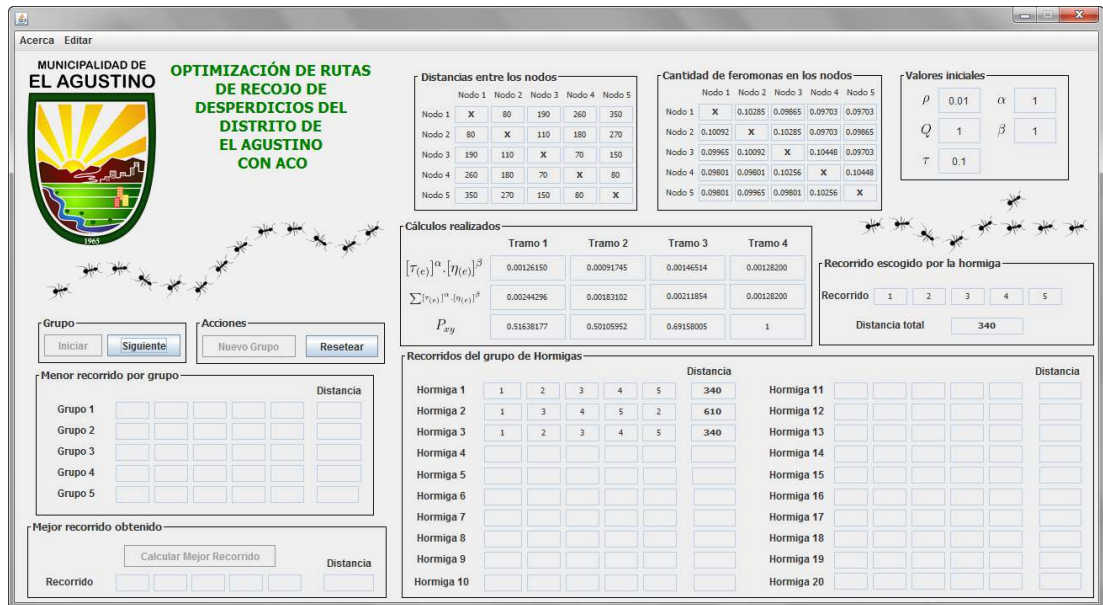
**Tabla 24: Actualización de feromonas - Hormiga N° 2**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10194	0.10092	0.00000	0.10092
A - C	0.99	0.09900	0.09801	0.00164	0.09965
A - D	0.99	0.09900	0.09801	0.00000	0.09801
A - E	0.99	0.09900	0.09801	0.00000	0.09801
B - C	0.99	0.10194	0.10092	0.00000	0.10092
B - D	0.99	0.09900	0.09801	0.00000	0.09801
B - E	0.99	0.09900	0.09801	0.00164	0.09965
C - D	0.99	0.10194	0.10092	0.00164	0.10256
C - E	0.99	0.09900	0.09801	0.00000	0.09801
D - E	0.99	0.10194	0.10092	0.00164	0.10256

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 3

Figura 9: Resultado Hormiga N°3 - Recorrido N° 1



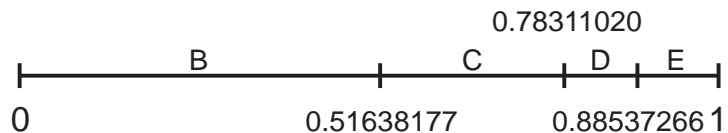
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10092	0.01250000	0.00126150	0.51638177
A - C	190	0.09965	0.00526316	0.00052447	0.21468628
A - D	260	0.09801	0.00384615	0.00037696	0.15430461
A - E	350	0.09801	0.00285714	0.00028003	0.11462734
				$\Sigma$ 0.00244296	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



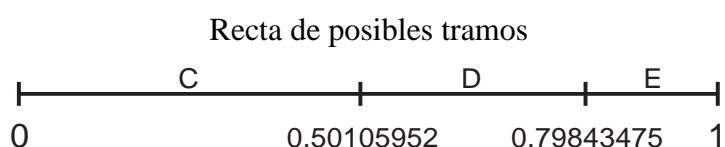
N° Random = 0.481

Camino seleccionado = A - B

**Tabla 26: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10092	0.00909091	0.00091745	0.50105952
B - D	180	0.09801	0.00555556	0.00054450	0.29737523
B - E	270	0.09965	0.00370370	0.00036907	0.20156525
				$\Sigma$ 0.00183102	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



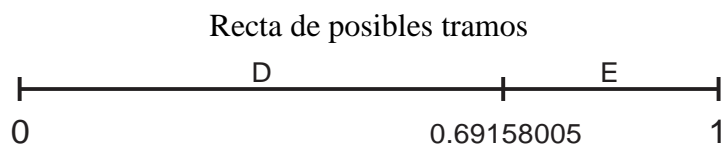
N° Random = 0.348

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 27: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.10256	0.01428571	0.00146514	0.69158005
C - E	150	0.09801	0.00666667	0.00065340	0.30841995
				$\Sigma$ 0.00211854	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.682

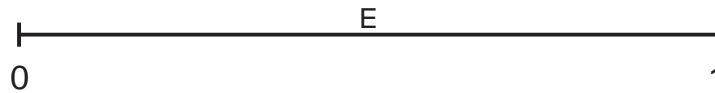
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 28: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.10256	0.01250000	0.00128200	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00128200	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.749

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 29: Recorrido de la Hormiga N° 3 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30: Actualización de feromonas - Hormiga N° 3**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10092	0.09991	0.00294	0.10285
A - C	0.99	0.09965	0.09865	0.00000	0.09865
A - D	0.99	0.09801	0.09703	0.00000	0.09703
A - E	0.99	0.09801	0.09703	0.00000	0.09703
B - C	0.99	0.10092	0.09991	0.00294	0.10285
B - D	0.99	0.09801	0.09703	0.00000	0.09703
B - E	0.99	0.09965	0.09865	0.00000	0.09865
C - D	0.99	0.10256	0.10153	0.00294	0.10448
C - E	0.99	0.09801	0.09703	0.00000	0.09703
D - E	0.99	0.10256	0.10153	0.00294	0.10448

Fuente: Elaboración propia



## Recorrido de Hormiga 4

Figura 10: Resultado Hormiga N°4 - Recorrido N° 1



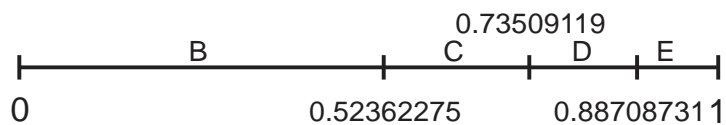
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10285	0.01250000	0.00128563	0.52362275
A - C	190	0.09865	0.00526316	0.00051921	0.21146844
A - D	260	0.09703	0.00384615	0.00037319	0.15199612
A - E	350	0.09703	0.00285714	0.00027723	0.11291269
				$\Sigma$ 0.00245526	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.757

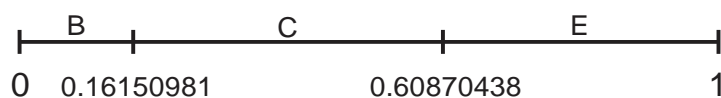
**Camino seleccionado = A - D**

**Tabla 32: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - B	180	0.09703	0.00555556	0.00053906	0.16150981
D - C	70	0.10448	0.01428571	0.00149257	0.44719457
D - E	80	0.10448	0.01250000	0.00130600	0.39129562
				$\Sigma$ 0.00333763	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.519

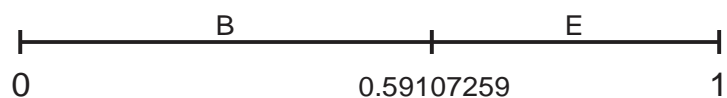
**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 33: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - B	110	0.10285	0.00909091	0.00093500	0.59107259
C - E	150	0.09703	0.00666667	0.00064687	0.40892741
				$\Sigma$ 0.00158187	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.968

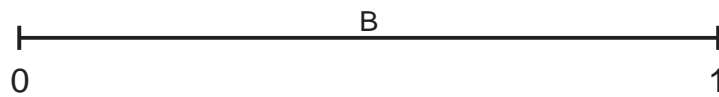
**Camino seleccionado = C – E**

**Tabla 34: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - B	270	0.09865	0.00370370	0.00036537	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00036537	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.527

**Camino seleccionado = E - B**

**Tabla 35: Recorrido de la Hormiga N° 4 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	D	C	E	B	<b>750</b>

Fuente: Elaboración propia

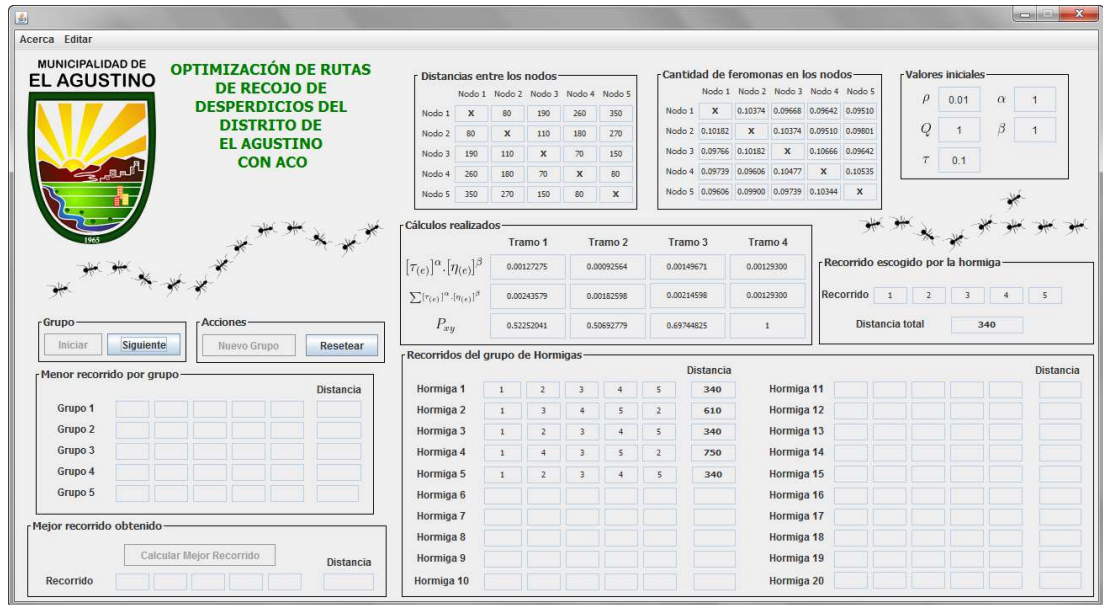
**Tabla 36: Actualización de feromonas - Hormiga N° 4**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10285	0.10182	0.00000	0.10182
A - C	0.99	0.09865	0.09766	0.00000	0.09766
A - D	0.99	0.09703	0.09606	0.00133	0.09739
A - E	0.99	0.09703	0.09606	0.00000	0.09606
B - C	0.99	0.10285	0.10182	0.00000	0.10182
B - D	0.99	0.09703	0.09606	0.00000	0.09606
B - E	0.99	0.09865	0.09766	0.00133	0.09900
C - D	0.99	0.10448	0.10344	0.00133	0.10477
C - E	0.99	0.09703	0.09606	0.00133	0.09739
D - E	0.99	0.10448	0.10344	0.00000	0.10344

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 5

Figura 11: Resultado Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1



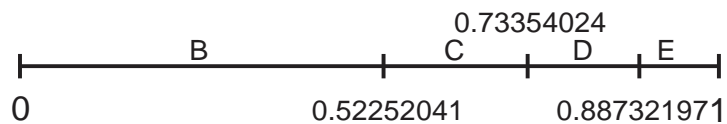
Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10182	0.01250000	0.00127275	0.52252041
A - C	190	0.09766	0.00526316	0.00051400	0.21101983
A - D	260	0.09739	0.00384615	0.00037458	0.15378173
A - E	350	0.09606	0.00285714	0.00027446	0.11267802
				$\sum$ 0.00243579	$\sum$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



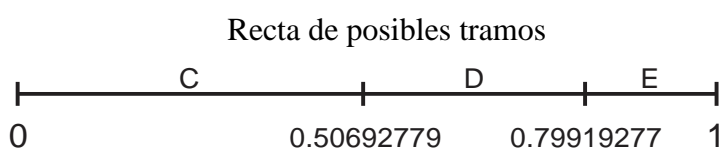
N° Random = 0.314

Camino seleccionado = A – B

**Tabla 38: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10182	0.00909091	0.00092564	0.50692779
B - D	180	0.09606	0.00555556	0.00053367	0.29226498
B - E	270	0.09900	0.00370370	0.00036667	0.20080724
				$\Sigma$ 0.00182598	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



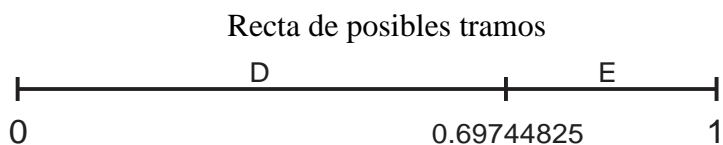
N° Random = 0.265

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 39: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.10477	0.01428571	0.00149671	0.69744825
C - E	150	0.09739	0.00666667	0.00064927	0.30255175
				$\Sigma$ 0.00214598	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.136

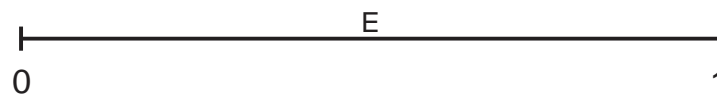
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 40: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.10344	0.01250000	0.00129300	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00129300	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.489

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 41: Recorrido de la Hormiga N° 5 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

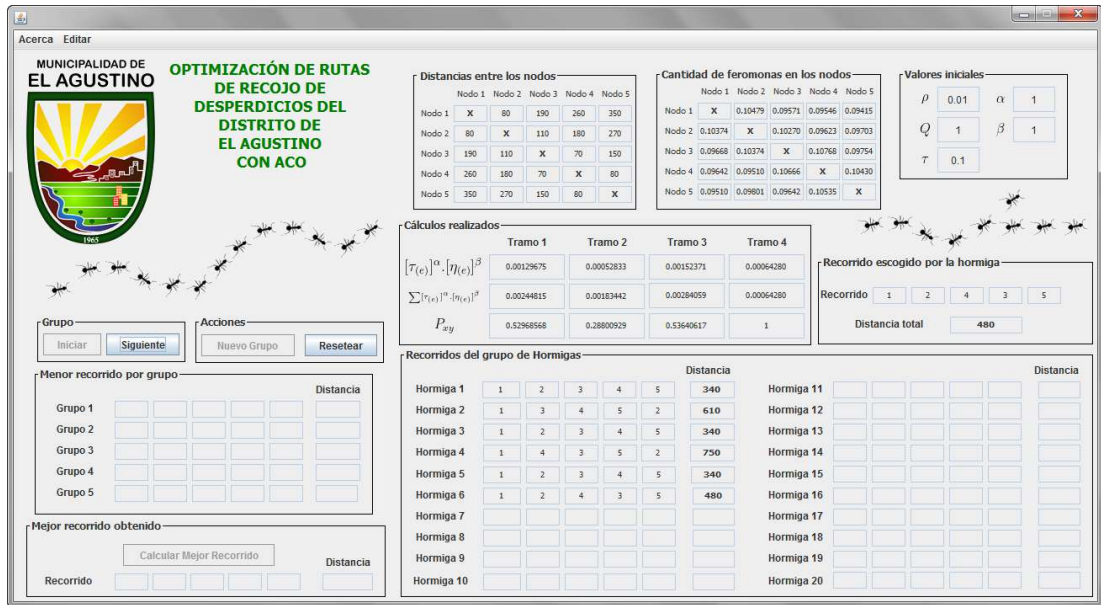
**Tabla 42: Actualización de feromonas - Hormiga N° 5**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10182	0.10080	0.00294	0.10374
A - C	0.99	0.09766	0.09668	0.00000	0.09668
A - D	0.99	0.09739	0.09642	0.00000	0.09642
A - E	0.99	0.09606	0.09510	0.00000	0.09510
B - C	0.99	0.10182	0.10080	0.00294	0.10374
B - D	0.99	0.09606	0.09510	0.00000	0.09510
B - E	0.99	0.09900	0.09801	0.00000	0.09801
C - D	0.99	0.10477	0.10372	0.00294	0.10666
C - E	0.99	0.09739	0.09642	0.00000	0.09642
D - E	0.99	0.10344	0.10241	0.00294	0.10535

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 6

**Figura 12: Resultado Hormiga N°6 - Recorrido N° 1**



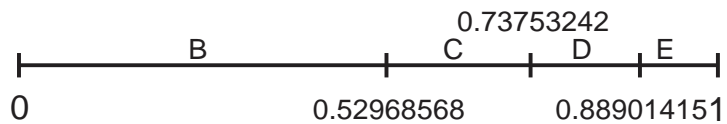
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10374	0.01250000	0.00129675	0.52968568
A - C	190	0.09668	0.00526316	0.00050884	0.20784674
A - D	260	0.09642	0.00384615	0.00037085	0.15148173
A - E	350	0.09510	0.00285714	0.00027171	0.11098585
				$\Sigma$ 0.00244815	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



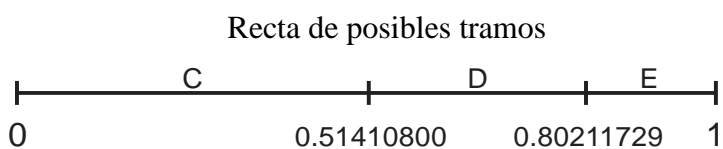
N° Random = 0.187

**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 44: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10374	0.00909091	0.00094309	0.51410800
B - D	180	0.09510	0.00555556	0.00052833	0.28800929
B - E	270	0.09801	0.00370370	0.00036300	0.19788271
				$\Sigma$ 0.00183442	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



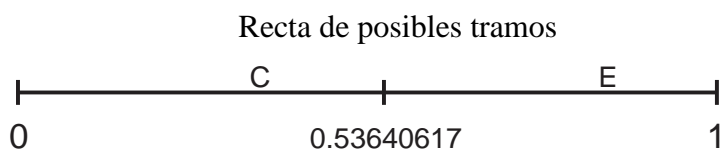
N° Random = 0.743

**Camino seleccionado = B – D**

**Tabla 45: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.10666	0.01428571	0.00152371	0.53640617
D - E	80	0.10535	0.01250000	0.00131688	0.46359383
				$\Sigma$ 0.00284059	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.053

**Camino seleccionado = D – C**

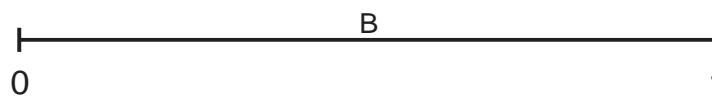


**Tabla 46: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - E	150	0.09642	0.00666667	0.00064280	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00064280	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.971

**Camino seleccionado = C – E**

**Tabla 47: Recorrido de la Hormiga N° 6 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	D	C	E	<b>480</b>

Fuente: Elaboración propia

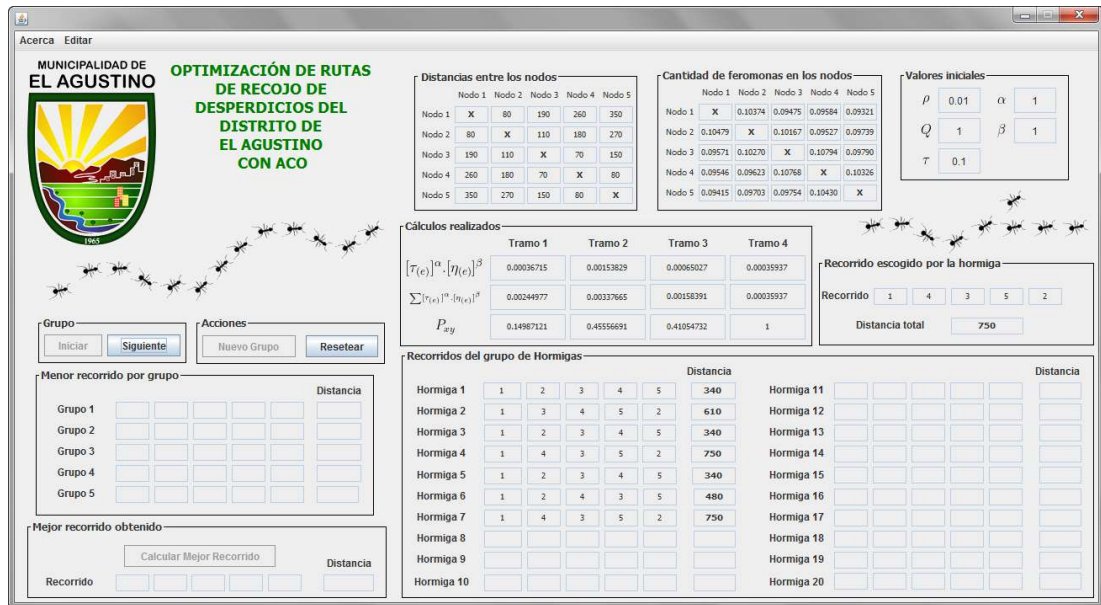
**Tabla 48: Actualización de feromonas - Hormiga N° 6**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10374	0.10270	0.00208	0.10479
A - C	0.99	0.09668	0.09571	0.00000	0.09571
A - D	0.99	0.09642	0.09546	0.00000	0.09546
A - E	0.99	0.09510	0.09415	0.00000	0.09415
B - C	0.99	0.10374	0.10270	0.00000	0.10270
B - D	0.99	0.09510	0.09415	0.00208	0.09623
B - E	0.99	0.09801	0.09703	0.00000	0.09703
C - D	0.99	0.10666	0.10559	0.00208	0.10768
C - E	0.99	0.09642	0.09546	0.00208	0.09754
D - E	0.99	0.10535	0.10430	0.00000	0.10430

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 7

**Figura 13: Resultado Hormiga N°7 - Recorrido N° 1**



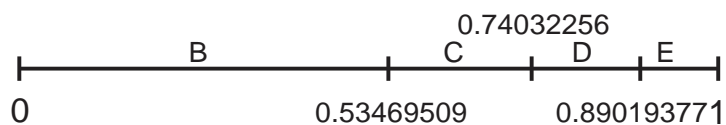
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 49: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10479	0.01250000	0.00130988	0.53469509
A - C	190	0.09571	0.00526316	0.00050374	0.20562747
A - D	260	0.09546	0.00384615	0.00036715	0.14987121
A - E	350	0.09415	0.00285714	0.00026900	0.10980623
				$\Sigma$ 0.00244977	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



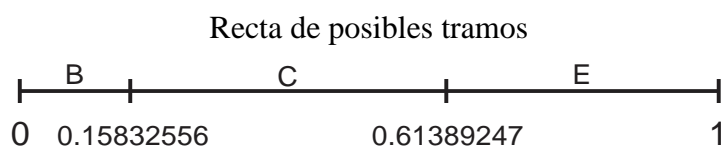
N° Random = 0.751

**Camino seleccionado = A – D**

**Tabla 50: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - B	180	0.09623	0.00555556	0.00053461	0.15832556
D - C	70	0.10768	0.01428571	0.00153829	0.45556691
D - E	80	0.10430	0.01250000	0.00130375	0.38610753
				$\Sigma$ 0.00337665	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



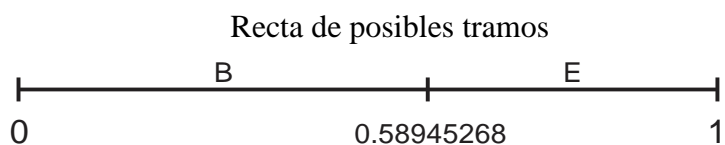
N° Random = 0.319

**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 51: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - B	110	0.10270	0.00909091	0.00093364	0.58945268
C - E	150	0.09754	0.00666667	0.00065027	0.41054732
				$\Sigma$ 0.00158391	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.758

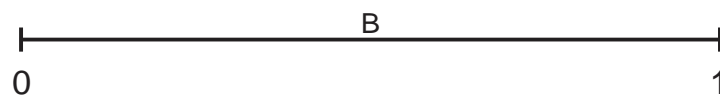
**Camino seleccionado = C – E**

**Tabla 52: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - B	270	0.09703	0.00370370	0.00035937	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00035937	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.150

**Camino seleccionado = E - B**

**Tabla 53: Recorrido de la Hormiga N° 7 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	D	C	E	B	<b>750</b>

Fuente: Elaboración propia

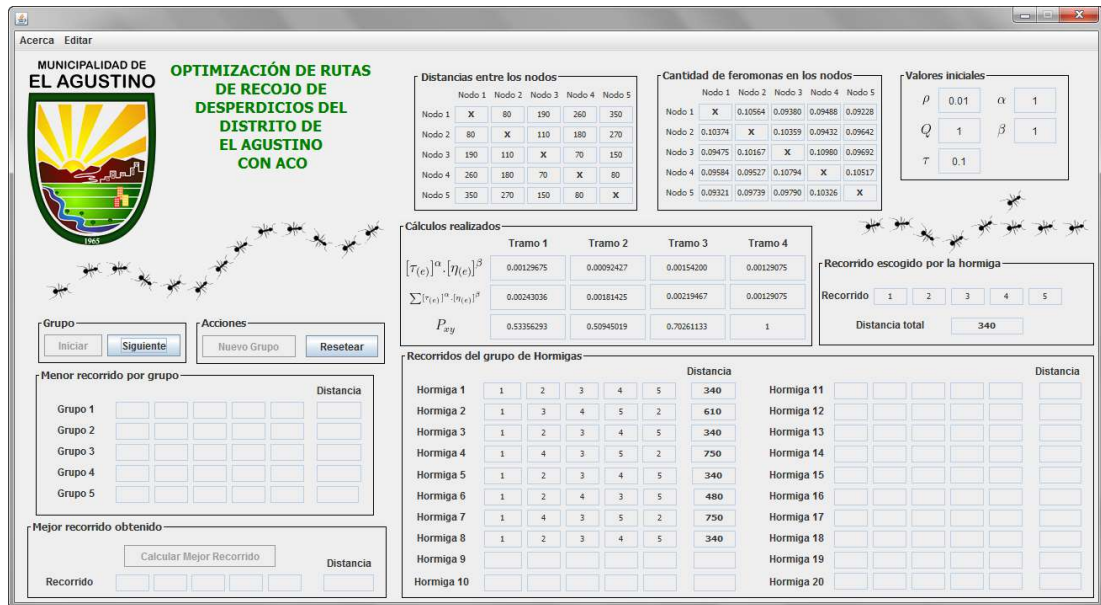
**Tabla 54: Actualización de feromonas - Hormiga N° 7**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10479	0.10374	0.00000	0.10374
A - C	0.99	0.09571	0.09475	0.00000	0.09475
A - D	0.99	0.09546	0.09451	0.00133	0.09584
A - E	0.99	0.09415	0.09321	0.00000	0.09321
B - C	0.99	0.10270	0.10167	0.00000	0.10167
B - D	0.99	0.09623	0.09527	0.00000	0.09527
B - E	0.99	0.09703	0.09606	0.00133	0.09739
C - D	0.99	0.10768	0.10660	0.00133	0.10794
C - E	0.99	0.09754	0.09656	0.00133	0.09790
D - E	0.99	0.10430	0.10326	0.00000	0.10326

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 8

**Figura 14: Resultado Hormiga N°8 - Recorrido N° 1**

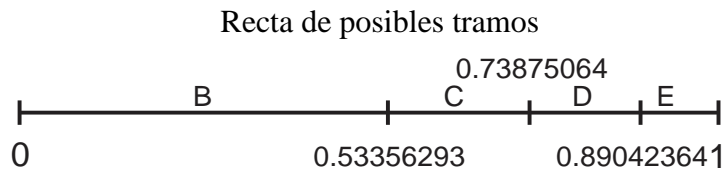


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 55: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10374	0.01250000	0.00129675	0.53356293
A - C	190	0.09475	0.00526316	0.00049868	0.20518771
A - D	260	0.09584	0.00384615	0.00036862	0.15167300
A - E	350	0.09321	0.00285714	0.00026631	0.10957636
				$\Sigma$ 0.00243036	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.447

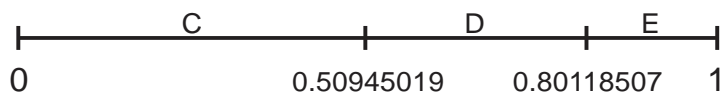
**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 56: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10167	0.00909091	0.00092427	0.50945019
B - D	180	0.09527	0.00555556	0.00052928	0.29173488
B - E	270	0.09739	0.00370370	0.00036070	0.19881494
				$\Sigma$ 0.00181425	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.219

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 57: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.10794	0.01428571	0.00154200	0.70261133
C - E	150	0.09790	0.00666667	0.00065267	0.29738867
				$\Sigma$ 0.00219467	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.682

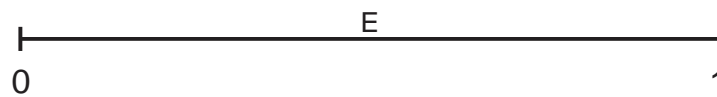
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 58: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.10326	0.01250000	0.00129075	1.00000000
				$\sum$ 0.00129075	$\sum$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.753

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 59: Recorrido de la Hormiga N° 8 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

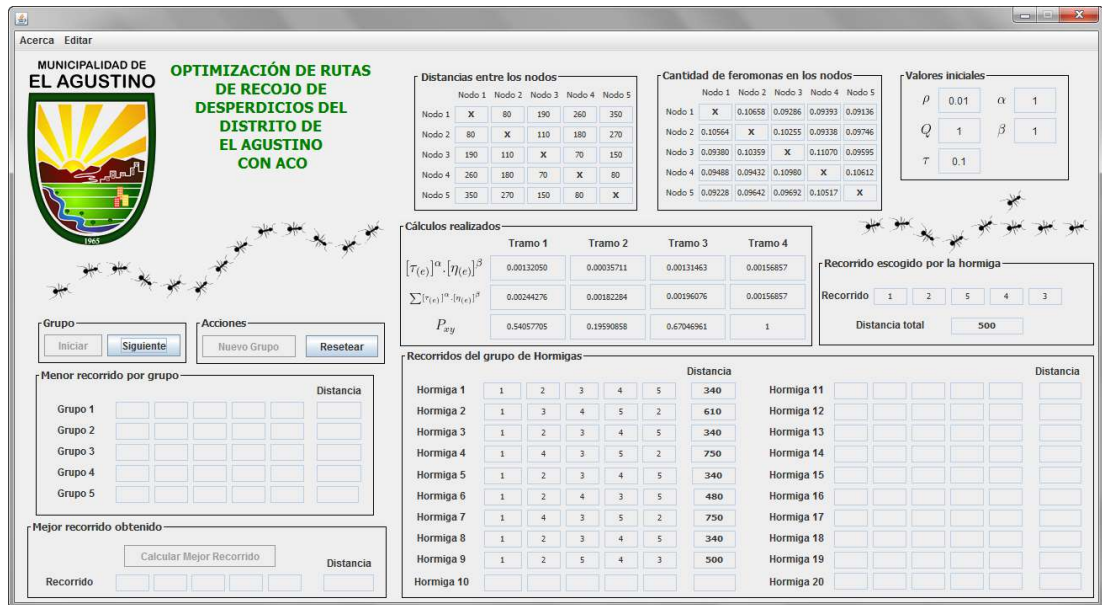
**Tabla 60: Actualización de feromonas - Hormiga N° 8**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\sum \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10374	0.10270	0.00294	0.10564
A - C	0.99	0.09475	0.09380	0.00000	0.09380
A - D	0.99	0.09584	0.09488	0.00000	0.09488
A - E	0.99	0.09321	0.09228	0.00000	0.09228
B - C	0.99	0.10167	0.10065	0.00294	0.10359
B - D	0.99	0.09527	0.09432	0.00000	0.09432
B - E	0.99	0.09739	0.09642	0.00000	0.09642
C - D	0.99	0.10794	0.10686	0.00294	0.10980
C - E	0.99	0.09790	0.09692	0.00000	0.09692
D - E	0.99	0.10326	0.10223	0.00294	0.10517

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 9

**Figura 15: Resultado Hormiga N°9 - Recorrido N° 1**

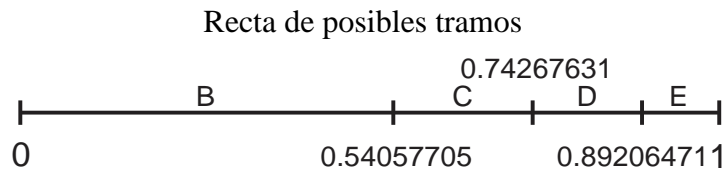


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 61: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10564	0.01250000	0.00132050	0.54057705
A - C	190	0.09380	0.00526316	0.00049368	0.20209926
A - D	260	0.09488	0.00384615	0.00036492	0.14938840
A - E	350	0.09228	0.00285714	0.00026366	0.10793529
				$\Sigma$ 0.00244276	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.168

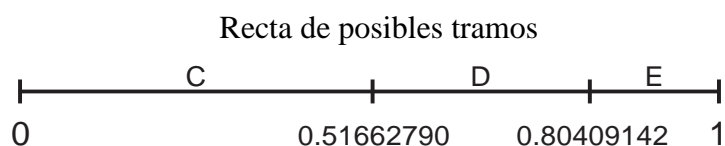
**Camino seleccionado = A – B**



**Tabla 62: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10359	0.00909091	0.00094173	0.51662790
B - D	180	0.09432	0.00555556	0.00052400	0.28746352
B - E	270	0.09642	0.00370370	0.00035711	0.19590858
				$\Sigma$ 0.00182284	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



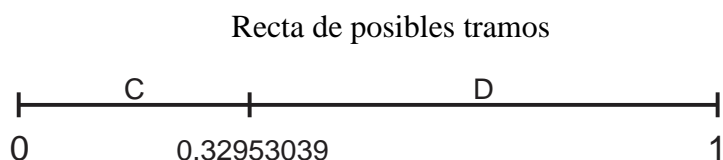
N° Random = 0.967

**Camino seleccionado = B – E**

**Tabla 63: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - C	150	0.09692	0.00666667	0.00064613	0.32953039
E - D	80	0.10517	0.01250000	0.00131463	0.67046961
				$\Sigma$ 0.00196076	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.724

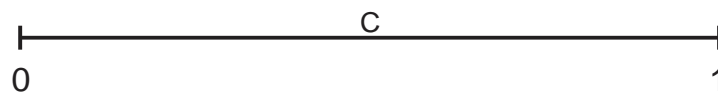
**Camino seleccionado = E – D**

**Tabla 64: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.10980	0.01428571	0.00156857	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00156857	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.246

**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 65: Recorrido de la Hormiga N° 9 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	E	D	C	<b>500</b>

Fuente: Elaboración propia

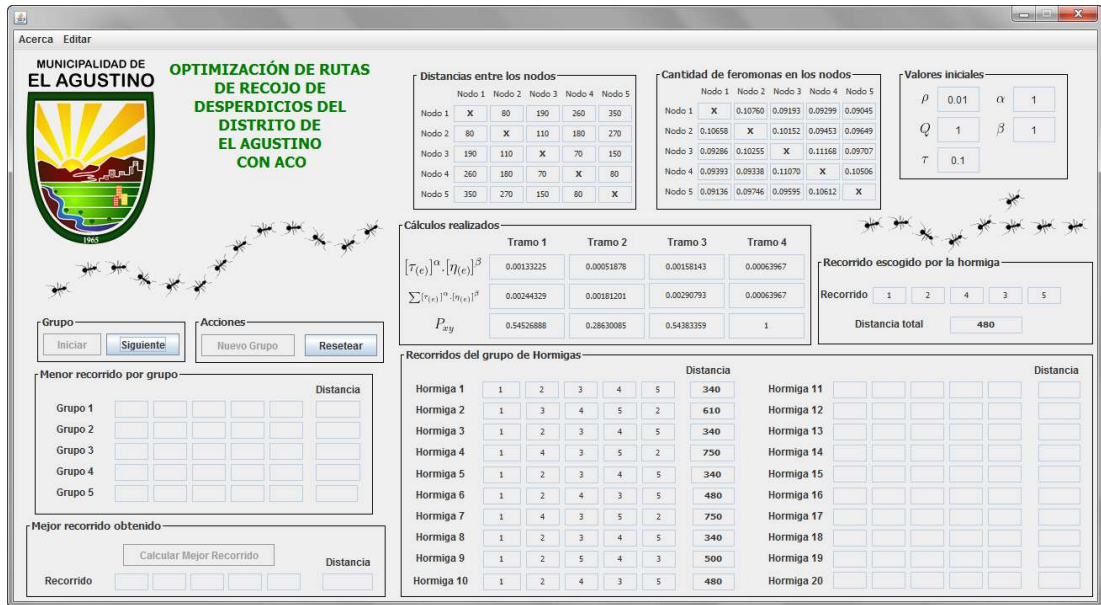
**Tabla 66: Actualización de feromonas - Hormiga N° 9**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10564	0.10458	0.00200	0.10658
A - C	0.99	0.09380	0.09286	0.00000	0.09286
A - D	0.99	0.09488	0.09393	0.00000	0.09393
A - E	0.99	0.09228	0.09136	0.00000	0.09136
B - C	0.99	0.10359	0.10255	0.00000	0.10255
B - D	0.99	0.09432	0.09338	0.00000	0.09338
B - E	0.99	0.09642	0.09546	0.00200	0.09746
C - D	0.99	0.10980	0.10870	0.00200	0.11070
C - E	0.99	0.09692	0.09595	0.00000	0.09595
D - E	0.99	0.10517	0.10412	0.00200	0.10612

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 10

**Figura 16: Resultado Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1**



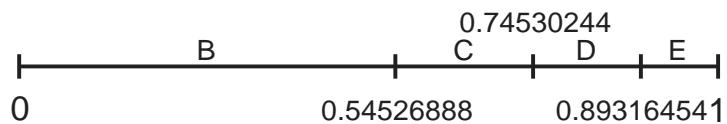
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 67: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10658	0.01250000	0.00133225	0.54526888
A - C	190	0.09286	0.00526316	0.00048874	0.20003356
A - D	260	0.09393	0.00384615	0.00036127	0.14786210
A - E	350	0.09136	0.00285714	0.00026103	0.10683546
				$\Sigma$ 0.00244329	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



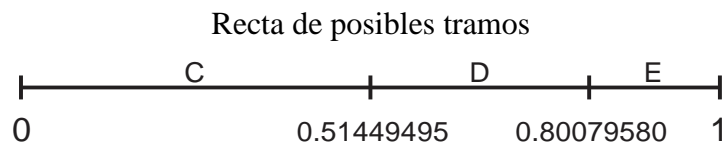
N° Random = 0.419

**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 68: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10255	0.00909091	0.00093227	0.51449495
B - D	180	0.09338	0.00555556	0.00051878	0.28630085
B - E	270	0.09746	0.00370370	0.00036096	0.19920420
				$\Sigma$ 0.00181201	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



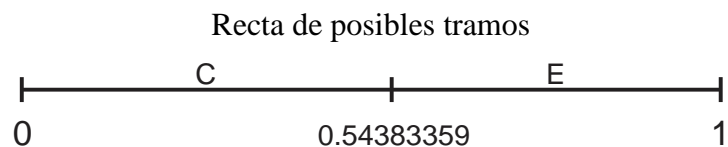
N° Random = 0.623

**Camino seleccionado = B – D**

**Tabla 69: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.11070	0.01428571	0.00158143	0.54383359
D - E	80	0.10612	0.01250000	0.00132650	0.45616641
				$\Sigma$ 0.00290793	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.244

**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 70: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - E	150	0.09595	0.00666667	0.00063967	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00063967	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.662

**Camino seleccionado = C – E**

**Tabla 71: Recorrido de la Hormiga N° 10 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	D	C	E	<b>480</b>

Fuente: Elaboración propia

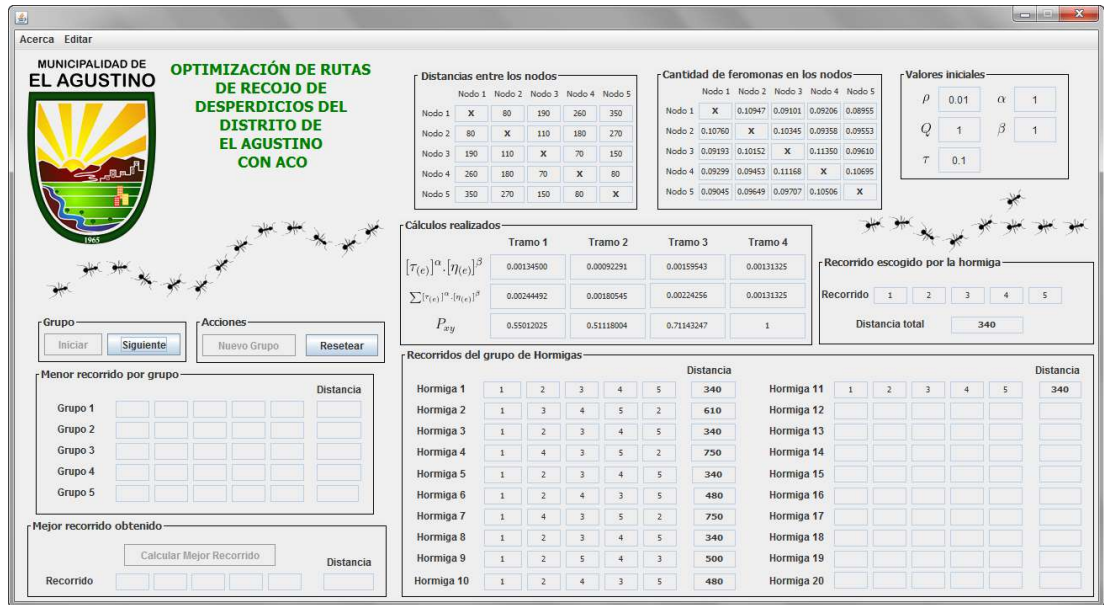
**Tabla 72: Actualización de feromonas - Hormiga N° 10**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10658	0.10551	0.00208	0.10760
A - C	0.99	0.09286	0.09193	0.00000	0.09193
A - D	0.99	0.09393	0.09299	0.00000	0.09299
A - E	0.99	0.09136	0.09045	0.00000	0.09045
B - C	0.99	0.10255	0.10152	0.00000	0.10152
B - D	0.99	0.09338	0.09245	0.00208	0.09453
B - E	0.99	0.09746	0.09649	0.00000	0.09649
C - D	0.99	0.11070	0.10959	0.00208	0.11168
C - E	0.99	0.09595	0.09499	0.00208	0.09707
D - E	0.99	0.10612	0.10506	0.00000	0.10506

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 11

**Figura 17: Resultado Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1**



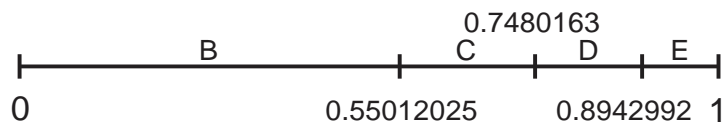
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 73: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10760	0.01250000	0.00134500	0.55012025
A - C	190	0.09193	0.00526316	0.00048384	0.19789605
A - D	260	0.09299	0.00384615	0.00035765	0.14628290
A - E	350	0.09045	0.00285714	0.00025843	0.10570080
				$\Sigma$ 0.00244492	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



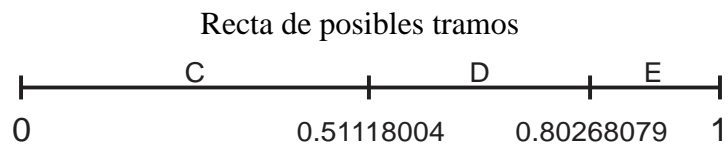
N° Random = 0.529

**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 74: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10152	0.00909091	0.00092291	0.51118004
B - D	180	0.09453	0.00555556	0.00052517	0.29088039
B - E	270	0.09649	0.00370370	0.00035737	0.19793957
				$\Sigma$ 0.00180545	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



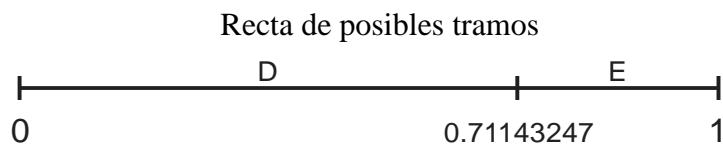
N° Random = 0.502

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 75: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.11168	0.01428571	0.00159543	0.71143247
C - E	150	0.09707	0.00666667	0.00064713	0.28856753
				$\Sigma$ 0.00224256	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.318

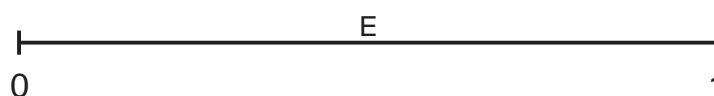
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 76: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.10506	0.01250000	0.00131325	1.00000000
				$\sum$ 0.00131325	$\sum$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.752

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 77: Recorrido de la Hormiga N° 11 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 78: Actualización de feromonas - Hormiga N° 11**

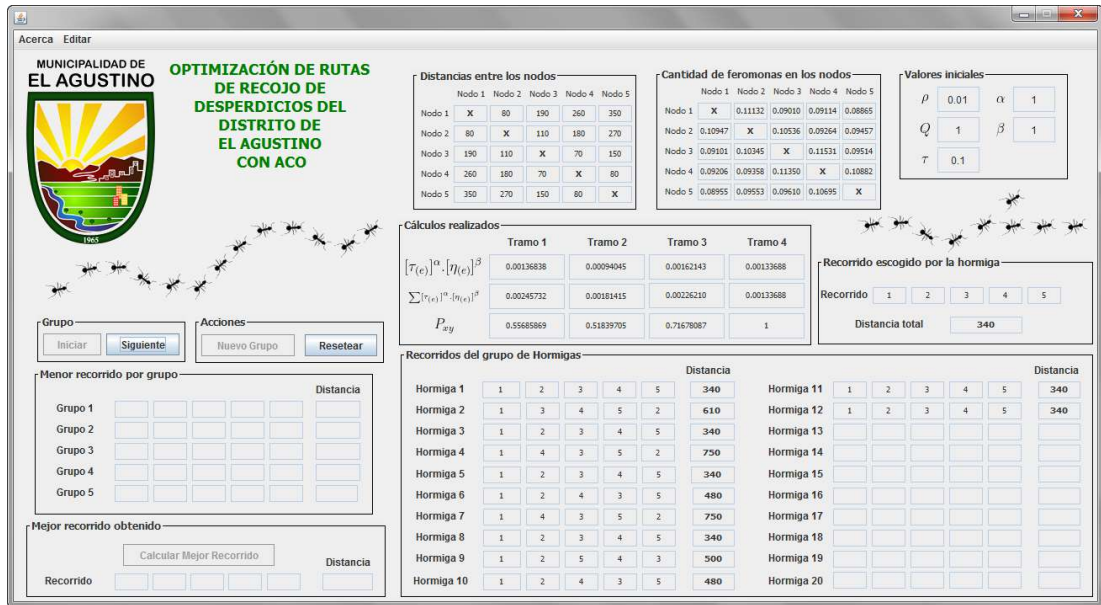
Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\sum \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10760	0.10652	0.00294	0.10947
A - C	0.99	0.09193	0.09101	0.00000	0.09101
A - D	0.99	0.09299	0.09206	0.00000	0.09206
A - E	0.99	0.09045	0.08955	0.00000	0.08955
B - C	0.99	0.10152	0.10050	0.00294	0.10345
B - D	0.99	0.09453	0.09358	0.00000	0.09358
B - E	0.99	0.09649	0.09553	0.00000	0.09553
C - D	0.99	0.11168	0.11056	0.00294	0.11350
C - E	0.99	0.09707	0.09610	0.00000	0.09610
D - E	0.99	0.10506	0.10401	0.00294	0.10695

Fuente: Elaboración propia



## Recorrido de Hormiga 12

**Figura 18: Resultado Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1**



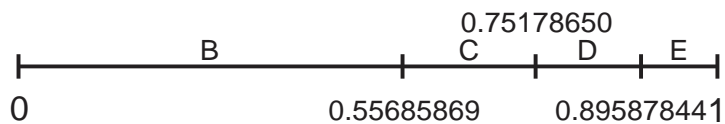
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 79: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.10947	0.01250000	0.00136838	0.55685869
A - C	190	0.09101	0.00526316	0.00047900	0.19492781
A - D	260	0.09206	0.00384615	0.00035408	0.14409194
A - E	350	0.08955	0.00285714	0.00025586	0.10412156
				$\sum$ 0.00245732	$\sum$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.048

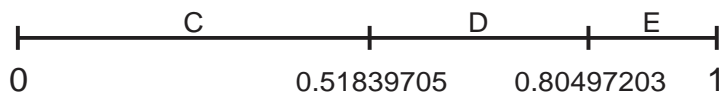
**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 80: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10345	0.00909091	0.00094045	0.51839705
B - D	180	0.09358	0.00555556	0.00051989	0.28657498
B - E	270	0.09553	0.00370370	0.00035381	0.19502797
				$\Sigma$ 0.00181415	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.317

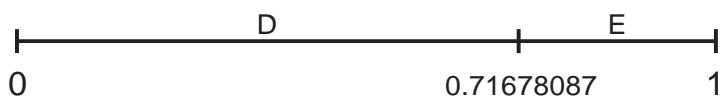
**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 81: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.11350	0.01428571	0.00162143	0.71678087
C - E	150	0.09610	0.00666667	0.00064067	0.28321913
				$\Sigma$ 0.00226210	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.17

**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 82: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.10695	0.01250000	0.00133688	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00133688	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.984

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 83: Recorrido de la Hormiga N° 12 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

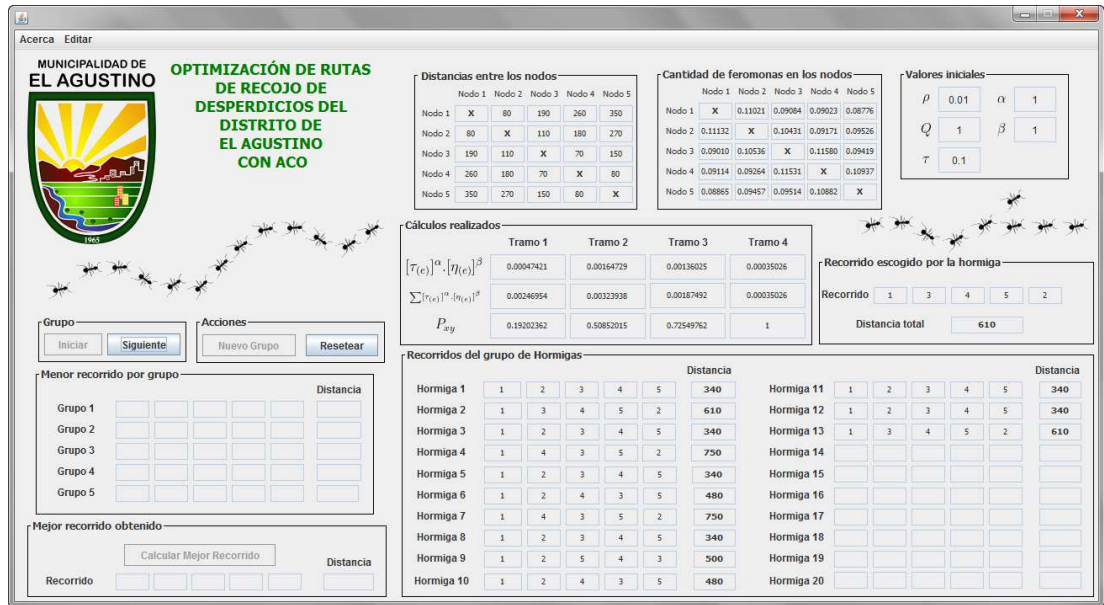
**Tabla 84: Actualización de feromonas - Hormiga N° 12**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.10947	0.10838	0.00294	0.11132
A - C	0.99	0.09101	0.09010	0.00000	0.09010
A - D	0.99	0.09206	0.09114	0.00000	0.09114
A - E	0.99	0.08955	0.08865	0.00000	0.08865
B - C	0.99	0.10345	0.10242	0.00294	0.10536
B - D	0.99	0.09358	0.09264	0.00000	0.09264
B - E	0.99	0.09553	0.09457	0.00000	0.09457
C - D	0.99	0.11350	0.11237	0.00294	0.11531
C - E	0.99	0.09610	0.09514	0.00000	0.09514
D - E	0.99	0.10695	0.10588	0.00294	0.10882

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 13

Figura 19: Resultado Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1



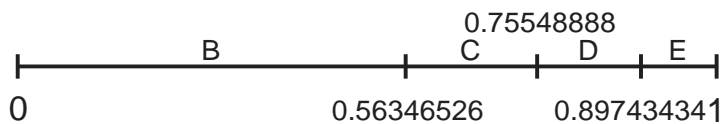
Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11132	0.01250000	0.00139150	0.56346526
A - C	190	0.09010	0.00526316	0.00047421	0.19202362
A - D	260	0.09114	0.00384615	0.00035054	0.14194546
A - E	350	0.08865	0.00285714	0.00025329	0.10256566
				$\Sigma$ 0.00246954	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



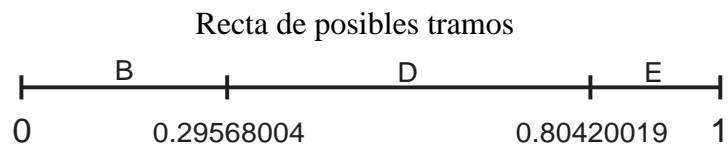
N° Random = 0.573

Camino seleccionado = A - C

**Tabla 86: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - B	110	0.10536	0.00909091	0.00095782	0.29568004
C - D	70	0.11531	0.01428571	0.00164729	0.50852015
C - E	150	0.09514	0.00666667	0.00063427	0.19579981
				$\Sigma$ 0.00323938	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



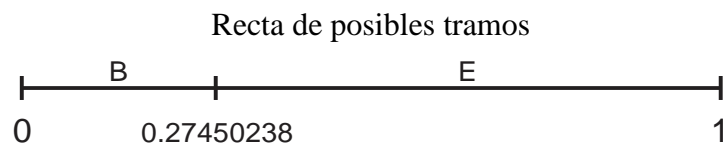
N° Random = 0.359

**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 87: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - B	180	0.09264	0.00555556	0.00051467	0.27450238
D - E	80	0.10882	0.01250000	0.00136025	0.72549762
				$\Sigma$ 0.00187492	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.632

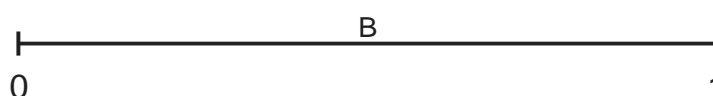
**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 88: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - B	270	0.09457	0.00370370	0.00035026	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00035026	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.813

**Camino seleccionado = E - B**

**Tabla 89: Recorrido de la Hormiga N° 13 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	C	D	E	B	<b>610</b>

Fuente: Elaboración propia

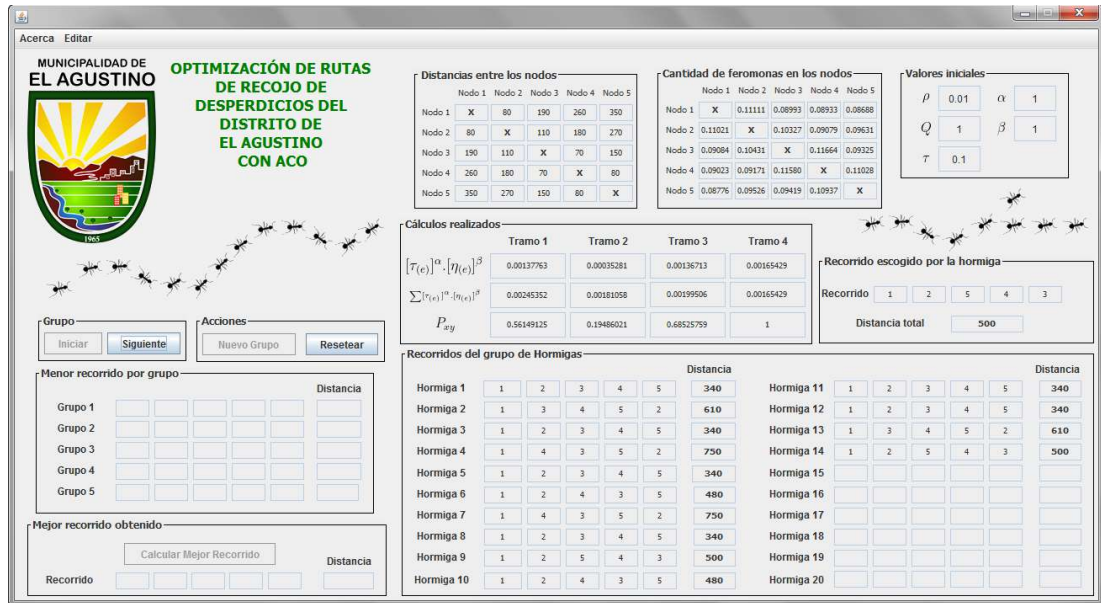
**Tabla 90: Actualización de feromonas - Hormiga N° 13**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11132	0.11021	0.00000	0.11021
A - C	0.99	0.09010	0.08920	0.00164	0.09084
A - D	0.99	0.09114	0.09023	0.00000	0.09023
A - E	0.99	0.08865	0.08776	0.00000	0.08776
B - C	0.99	0.10536	0.10431	0.00000	0.10431
B - D	0.99	0.09264	0.09171	0.00000	0.09171
B - E	0.99	0.09457	0.09362	0.00164	0.09526
C - D	0.99	0.11531	0.11416	0.00164	0.11580
C - E	0.99	0.09514	0.09419	0.00000	0.09419
D - E	0.99	0.10882	0.10773	0.00164	0.10937

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 14

**Figura 20: Resultado Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1**



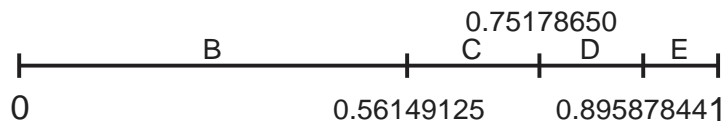
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 91: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11021	0.01250000	0.00137763	0.56149125
A - C	190	0.09084	0.00526316	0.00047811	0.19486697
A - D	260	0.09023	0.00384615	0.00034704	0.14144576
A - E	350	0.08776	0.00285714	0.00025074	0.10219603
				$\Sigma$ 0.00245352	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



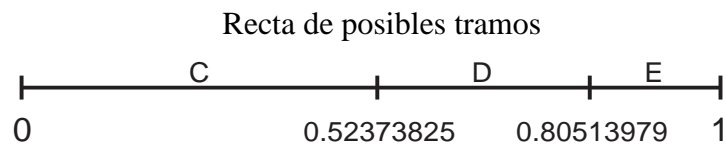
N° Random = 0.217

**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 92: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10431	0.00909091	0.00094827	0.52373825
B - D	180	0.09171	0.00555556	0.00050950	0.28140154
B - E	270	0.09526	0.00370370	0.00035281	0.19486021
				$\Sigma$ 0.00181058	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



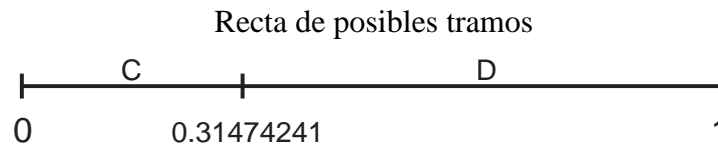
N° Random = 0.846

**Camino seleccionado = B – E**

**Tabla 93: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - C	150	0.09419	0.00666667	0.00062793	0.31474241
E - D	80	0.10937	0.01250000	0.00136713	0.68525759
				$\Sigma$ 0.00199506	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.385

**Camino seleccionado = E – D**

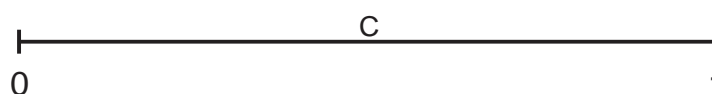


**Tabla 94: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.11580	0.01428571	0.00165429	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00165429	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.546

**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 95: Recorrido de la Hormiga N° 14 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	E	D	C	<b>500</b>

Fuente: Elaboración propia

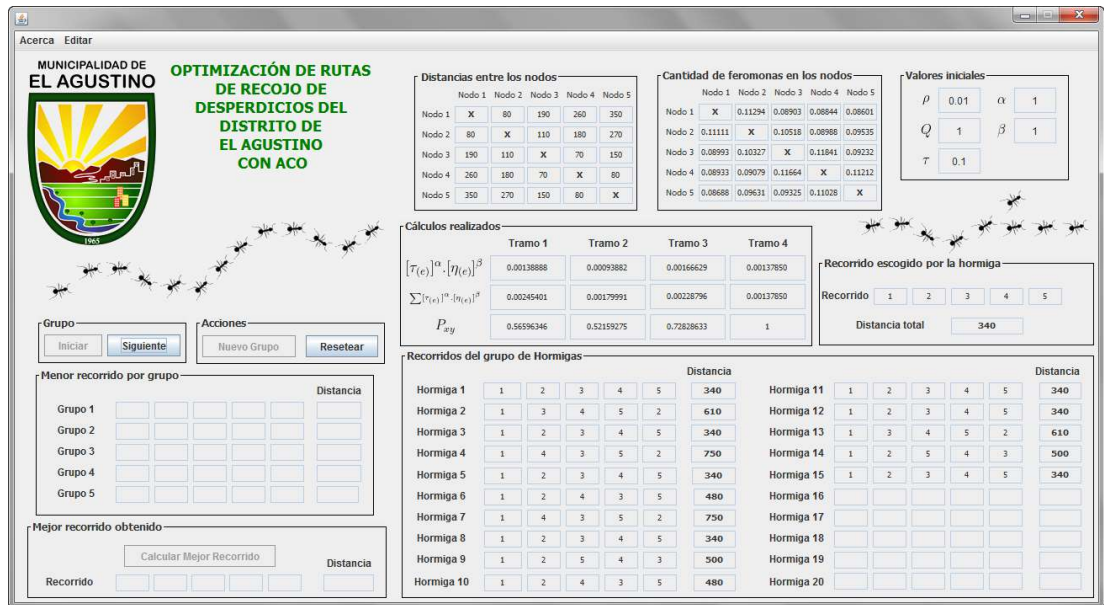
**Tabla 96: Actualización de feromonas - Hormiga N° 14**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11021	0.10911	0.00200	0.11111
A - C	0.99	0.09084	0.08993	0.00000	0.08993
A - D	0.99	0.09023	0.08933	0.00000	0.08933
A - E	0.99	0.08776	0.08688	0.00000	0.08688
B - C	0.99	0.10431	0.10327	0.00000	0.10327
B - D	0.99	0.09171	0.09079	0.00000	0.09079
B - E	0.99	0.09526	0.09431	0.00200	0.09631
C - D	0.99	0.11580	0.11464	0.00200	0.11664
C - E	0.99	0.09419	0.09325	0.00000	0.09325
D - E	0.99	0.10937	0.10828	0.00200	0.11028

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 15

**Figura 21: Resultado Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1**



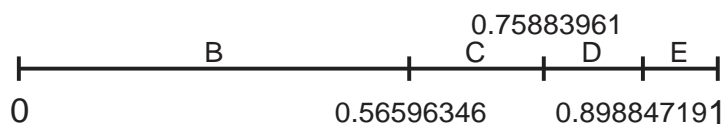
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 97: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.111111	0.01250000	0.00138888	0.56596346
A - C	190	0.08993	0.00526316	0.00047332	0.19287615
A - D	260	0.08933	0.00384615	0.00034358	0.14000758
A - E	350	0.08688	0.00285714	0.00024823	0.10115281
				$\Sigma$ 0.00245401	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



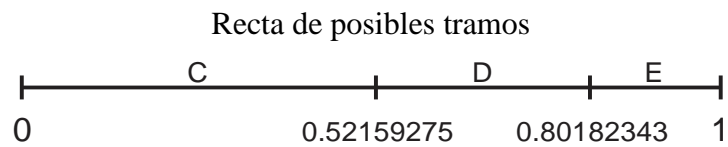
N° Random = 0.351

**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 98: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10327	0.00909091	0.00093882	0.52159275
B - D	180	0.09079	0.00555556	0.00050439	0.28023068
B - E	270	0.09631	0.00370370	0.00035670	0.19817658
				$\Sigma$ 0.00179991	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



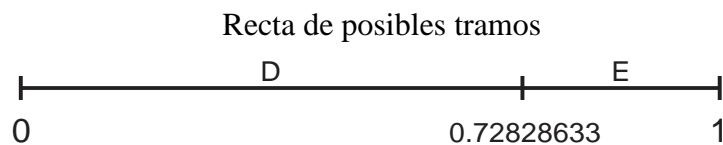
N° Random = 0.147

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 99: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.11664	0.01428571	0.00166629	0.72828633
C - E	150	0.09325	0.00666667	0.00062167	0.27171367
				$\Sigma$ 0.00228796	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.606

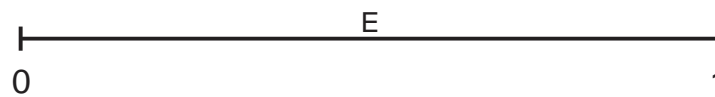
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 100: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.11028	0.01250000	0.00137850	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00137850	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.479

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 101: Recorrido de la Hormiga N° 15 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

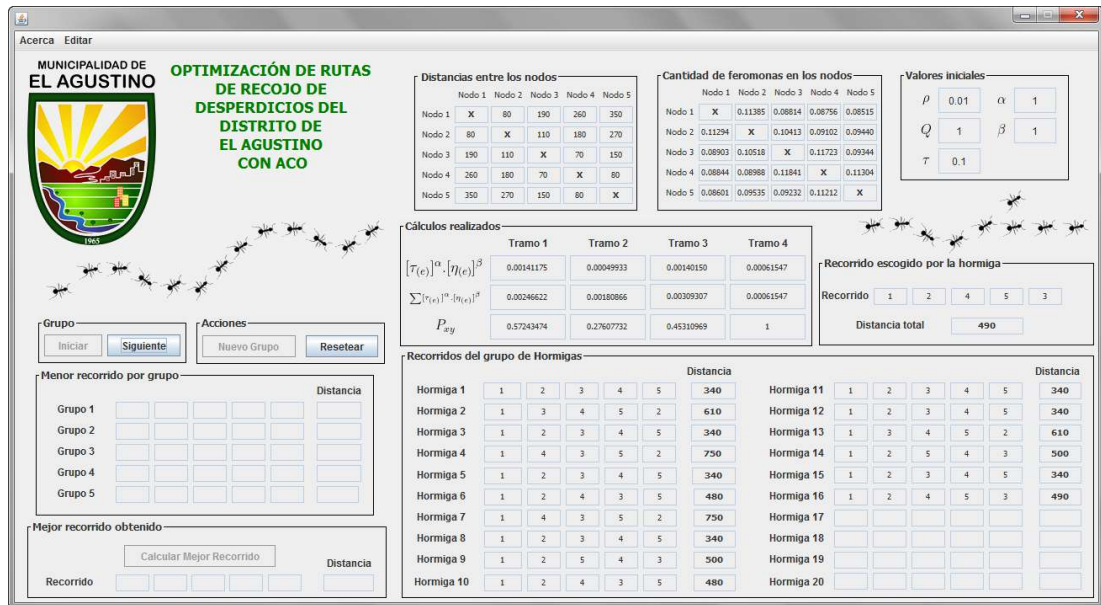
**Tabla 102: Actualización de feromonas - Hormiga N° 15**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11111	0.11000	0.00294	0.11294
A - C	0.99	0.08993	0.08903	0.00000	0.08903
A - D	0.99	0.08933	0.08844	0.00000	0.08844
A - E	0.99	0.08688	0.08601	0.00000	0.08601
B - C	0.99	0.10327	0.10224	0.00294	0.10518
B - D	0.99	0.09079	0.08988	0.00000	0.08988
B - E	0.99	0.09631	0.09535	0.00000	0.09535
C - D	0.99	0.11664	0.11547	0.00294	0.11841
C - E	0.99	0.09325	0.09232	0.00000	0.09232
D - E	0.99	0.11028	0.10918	0.00294	0.11212

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 16

Figura 22: Resultado Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1



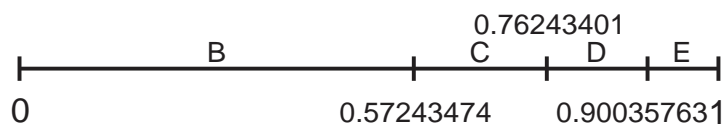
Fuente: Elaboración propia

Tabla 103: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11294	0.01250000	0.00141175	0.57243474
A - C	190	0.08903	0.00526316	0.00046858	0.18999927
A - D	260	0.08844	0.00384615	0.00034015	0.13792362
A - E	350	0.08601	0.00285714	0.00024574	0.09964237
				$\Sigma$ 0.00246622	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



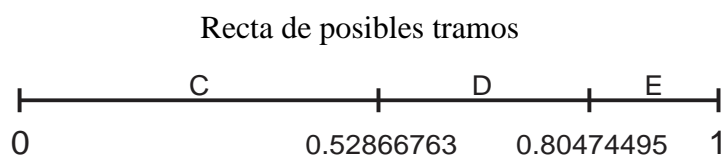
N° Random = 0.0

Camino seleccionado = A – B

**Tabla 104: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10518	0.00909091	0.00095618	0.52866763
B - D	180	0.08988	0.00555556	0.00049933	0.27607732
B - E	270	0.09535	0.00370370	0.00035315	0.19525505
				$\Sigma$ 0.00180866	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



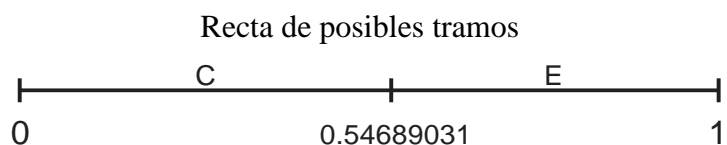
N° Random = 0.588

**Camino seleccionado = B – D**

**Tabla 105: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.11841	0.01428571	0.00169157	0.54689031
D - E	80	0.11212	0.01250000	0.00140150	0.45310969
				$\Sigma$ 0.00309307	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.603

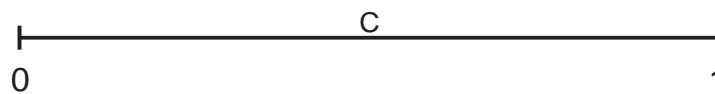
**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 106: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - C	150	0.09232	0.00666667	0.00061547	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00061547	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.647

**Camino seleccionado = E - C**

**Tabla 107: Recorrido de la Hormiga N° 16 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	D	E	C	<b>490</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 108: Actualización de feromonas - Hormiga N° 16**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11294	0.11181	0.00204	0.11385
A - C	0.99	0.08903	0.08814	0.00000	0.08814
A - D	0.99	0.08844	0.08756	0.00000	0.08756
A - E	0.99	0.08601	0.08515	0.00000	0.08515
B - C	0.99	0.10518	0.10413	0.00000	0.10413
B - D	0.99	0.08988	0.08898	0.00204	0.09102
B - E	0.99	0.09535	0.09440	0.00000	0.09440
C - D	0.99	0.11841	0.11723	0.00000	0.11723
C - E	0.99	0.09232	0.09140	0.00204	0.09344
D - E	0.99	0.11212	0.11100	0.00204	0.11304

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 17

**Figura 23: Resultado Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1**



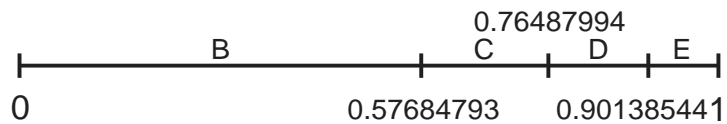
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 109: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11385	0.01250000	0.00142313	0.57684793
A - C	190	0.08814	0.00526316	0.00046389	0.18803201
A - D	260	0.08756	0.00384615	0.00033677	0.13650550
A - E	350	0.08515	0.00285714	0.00024329	0.09861456
				$\Sigma$ 0.00246708	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.391

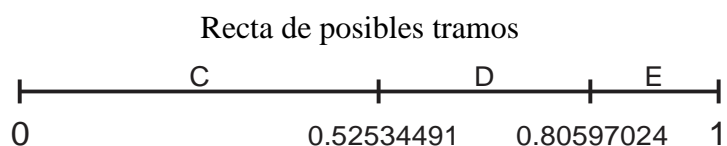
**Camino seleccionado = A – B**



**Tabla 110: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10413	0.00909091	0.00094664	0.52534491
B - D	180	0.09102	0.00555556	0.00050567	0.28062533
B - E	270	0.09440	0.00370370	0.00034963	0.19402977
				$\Sigma$ 0.00180194	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



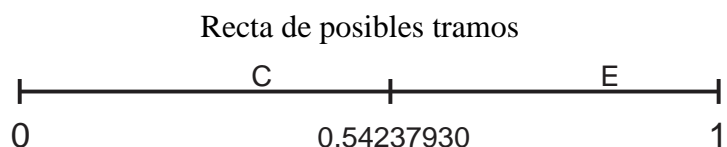
N° Random = 0.783

**Camino seleccionado = B – D**

**Tabla 111: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.11723	0.01428571	0.00167471	0.54237930
D - E	80	0.11304	0.01250000	0.00141300	0.45762070
				$\Sigma$ 0.00308771	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.419

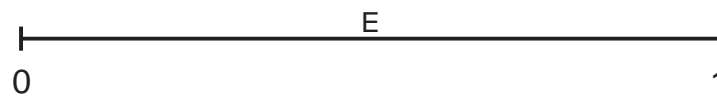
**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 112: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - E	150	0.09344	0.00666667	0.00062293	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00062293	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.106

**Camino seleccionado = C – E**

**Tabla 113: Recorrido de la Hormiga N° 17 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	D	C	E	<b>480</b>

Fuente: Elaboración propia

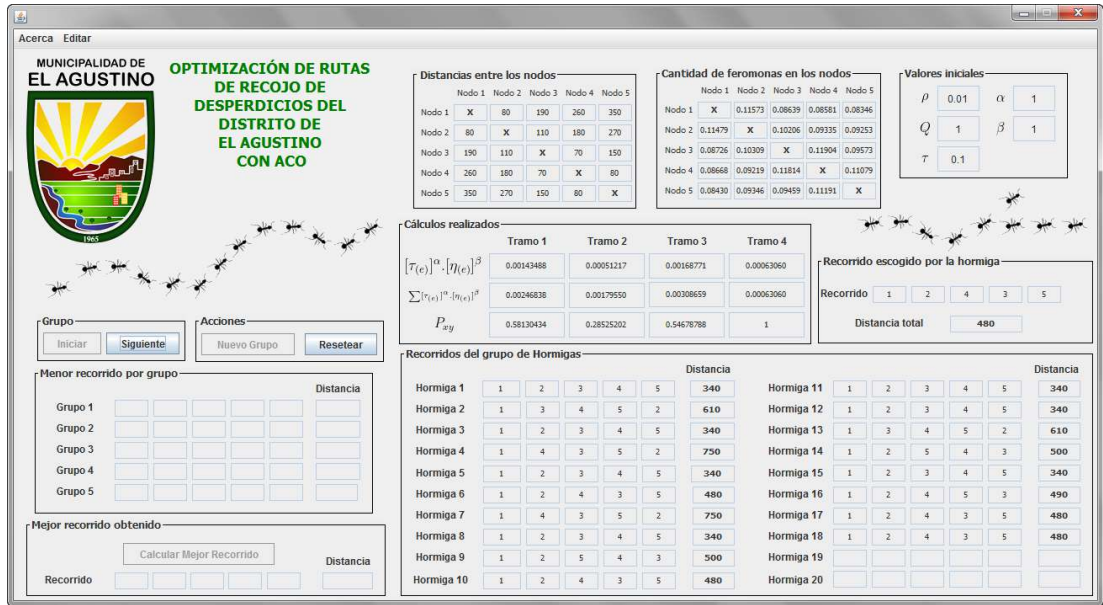
**Tabla 114: Actualización de feromonas - Hormiga N° 17**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11385	0.11271	0.00208	0.11479
A - C	0.99	0.08814	0.08726	0.00000	0.08726
A - D	0.99	0.08756	0.08668	0.00000	0.08668
A - E	0.99	0.08515	0.08430	0.00000	0.08430
B - C	0.99	0.10413	0.10309	0.00000	0.10309
B - D	0.99	0.09102	0.09011	0.00208	0.09219
B - E	0.99	0.09440	0.09346	0.00000	0.09346
C - D	0.99	0.11723	0.11606	0.00208	0.11814
C - E	0.99	0.09344	0.09251	0.00208	0.09459
D - E	0.99	0.11304	0.11191	0.00000	0.11191

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 18

**Figura 24: Resultado Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1**



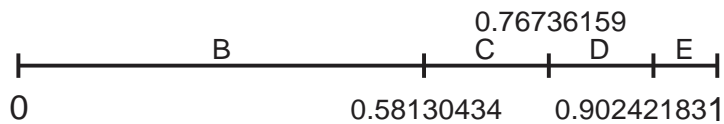
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 115: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau(e)$	Visibilidad $\eta(e)$	$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11479	0.01250000	0.00143488	0.58130434
A - C	190	0.08726	0.00526316	0.00045926	0.18605725
A - D	260	0.08668	0.00384615	0.00033338	0.13506024
A - E	350	0.08430	0.00285714	0.00024086	0.09757817
				$\Sigma$ 0.00246838	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



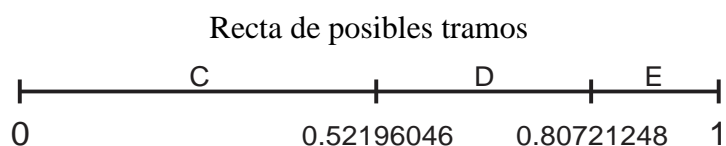
N° Random = 0.221

**Camino seleccionado = A - B**

**Tabla 116: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10309	0.00909091	0.00093718	0.52196046
B - D	180	0.09219	0.00555556	0.00051217	0.28525202
B - E	270	0.09346	0.00370370	0.00034615	0.19278752
				$\Sigma$ 0.00179550	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



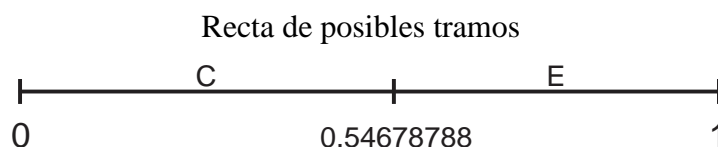
N° Random = 0.680

**Camino seleccionado = B – D**

**Tabla 117: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.11814	0.01428571	0.00168771	0.54678788
D - E	80	0.11191	0.01250000	0.00139888	0.45321212
				$\Sigma$ 0.00308659	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.339

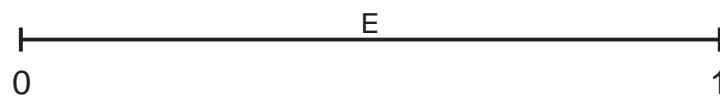
**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 118: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - E	150	0.09459	0.00666667	0.00063060	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00063060	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.717

**Camino seleccionado = C – E**

**Tabla 119: Recorrido de la Hormiga N° 18 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	D	C	E	<b>480</b>

Fuente: Elaboración propia

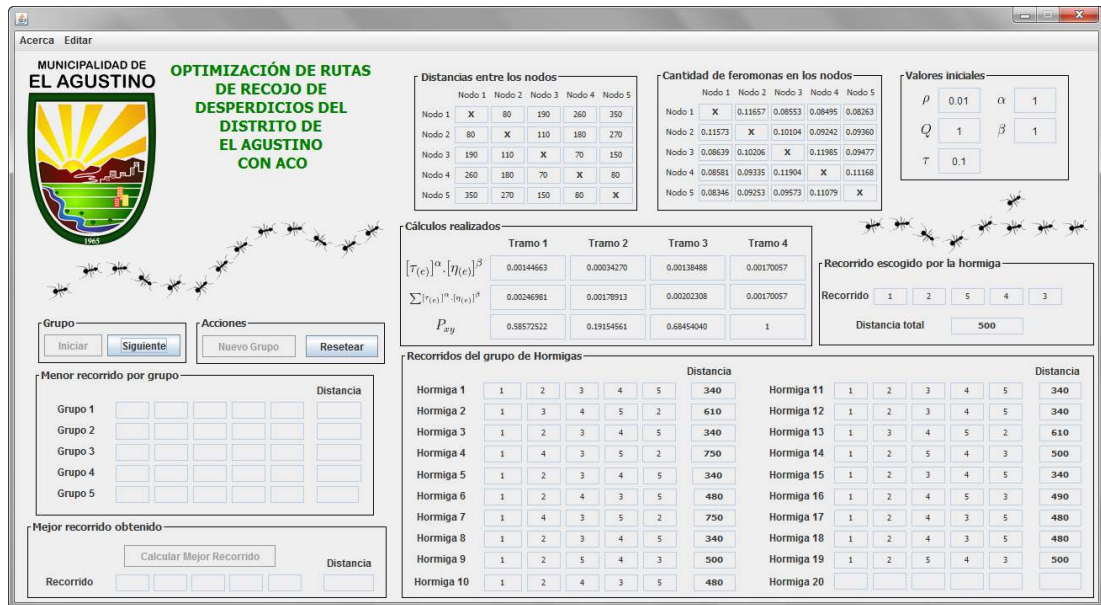
**Tabla 120: Actualización de feromonas - Hormiga N° 18**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11479	0.11364	0.00208	0.11573
A - C	0.99	0.08726	0.08639	0.00000	0.08639
A - D	0.99	0.08668	0.08581	0.00000	0.08581
A - E	0.99	0.08430	0.08346	0.00000	0.08346
B - C	0.99	0.10309	0.10206	0.00000	0.10206
B - D	0.99	0.09219	0.09127	0.00208	0.09335
B - E	0.99	0.09346	0.09253	0.00000	0.09253
C - D	0.99	0.11814	0.11696	0.00208	0.11904
C - E	0.99	0.09459	0.09364	0.00208	0.09573
D - E	0.99	0.11191	0.11079	0.00000	0.11079

Fuente: Elaboración propia

## Recorrido de Hormiga 19

Figura 25: Resultado Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1



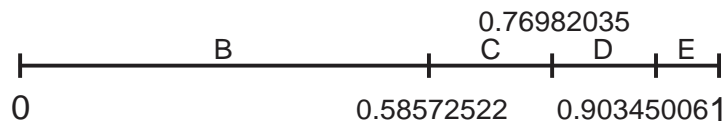
Fuente: Elaboración propia

Tabla 121: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 - 1

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11573	0.01250000	0.00144663	0.58572522
A - C	190	0.08639	0.00526316	0.00045468	0.18409513
A - D	260	0.08581	0.00384615	0.00033004	0.13362971
A - E	350	0.08346	0.00285714	0.00023846	0.09654994
				$\Sigma$ 0.00246981	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.493

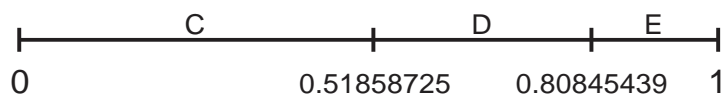
Camino seleccionado = A – B

**Tabla 122: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10206	0.00909091	0.00092782	0.51858725
B - D	180	0.09335	0.00555556	0.00051861	0.28986714
B - E	270	0.09253	0.00370370	0.00034270	0.19154561
				$\Sigma$ 0.00178913	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.905

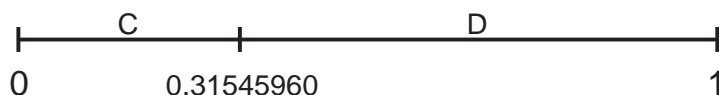
**Camino seleccionado = B – E**

**Tabla 123: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
E - C	150	0.09573	0.00666667	0.00063820	0.31545960
E - D	80	0.11079	0.01250000	0.00138488	0.68454040
				$\Sigma$ 0.00202308	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.565

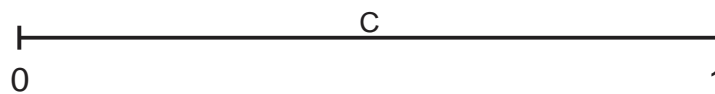
**Camino seleccionado = E – D**

**Tabla 124: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - C	70	0.11904	0.01428571	0.00170057	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00170057	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.852

**Camino seleccionado = D – C**

**Tabla 125: Recorrido de la Hormiga N° 19 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	E	D	C	<b>500</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 126: Actualización de feromonas - Hormiga N° 19**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11573	0.11457	0.00200	0.11657
A - C	0.99	0.08639	0.08553	0.00000	0.08553
A - D	0.99	0.08581	0.08495	0.00000	0.08495
A - E	0.99	0.08346	0.08263	0.00000	0.08263
B - C	0.99	0.10206	0.10104	0.00000	0.10104
B - D	0.99	0.09335	0.09242	0.00000	0.09242
B - E	0.99	0.09253	0.09160	0.00200	0.09360
C - D	0.99	0.11904	0.11785	0.00200	0.11985
C - E	0.99	0.09573	0.09477	0.00000	0.09477
D - E	0.99	0.11079	0.10968	0.00200	0.11168

Fuente: Elaboración propia



## Recorrido de Hormiga 20

**Figura 26: Resultado Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1**



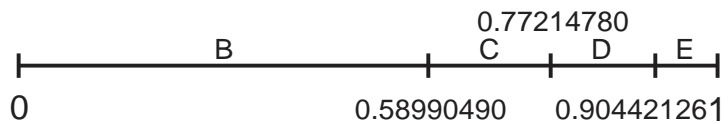
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 127: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 - 1**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
A - B	80	0.11657	0.01250000	0.00145713	0.58990490
A - C	190	0.08553	0.00526316	0.00045016	0.18224290
A - D	260	0.08495	0.00384615	0.00032673	0.13227346
A - E	350	0.08263	0.00285714	0.00023609	0.09557874
				$\Sigma$ 0.00247011	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



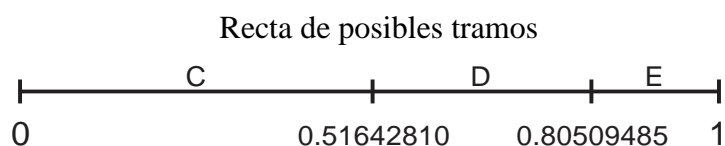
N° Random = 0.485

**Camino seleccionado = A – B**

**Tabla 128: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 – 2**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
B - C	110	0.10104	0.00909091	0.00091855	0.51642810
B - D	180	0.09242	0.00555556	0.00051344	0.28866675
B - E	270	0.09360	0.00370370	0.00034667	0.19490515
				$\Sigma$ 0.00177866	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



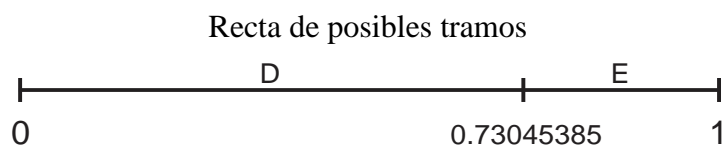
N° Random = 0.62

**Camino seleccionado = B – C**

**Tabla 129: Tabla de posibles tramos – Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 – 3**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
C - D	70	0.11985	0.01428571	0.00171214	0.76481256
C - E	180	0.09477	0.00555556	0.00052650	0.23518744
				$\Sigma$ 0.00223864	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia



N° Random = 0.655

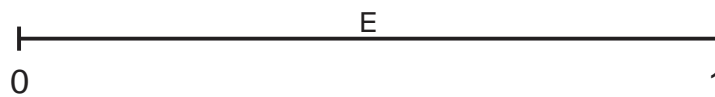
**Camino seleccionado = C – D**

**Tabla 130: Tabla de posibles tramos - Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1 - 4**

Ruta	Longitud	Feromonas $\tau_{(e)}$	Visibilidad $\eta_{(e)}$	$[\tau_{(e)}]^\alpha \cdot [\eta_{(e)}]^\beta$	$P_{xy}$
D - E	80	0.11168	0.01250000	0.00139600	1.00000000
				$\Sigma$ 0.00139600	$\Sigma$ 1

Fuente: Elaboración propia

Recta de posibles tramos



N° Random = 0.104

**Camino seleccionado = D – E**

**Tabla 131: Recorrido de la Hormiga N° 20 - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
A	B	C	D	E	<b>340</b>

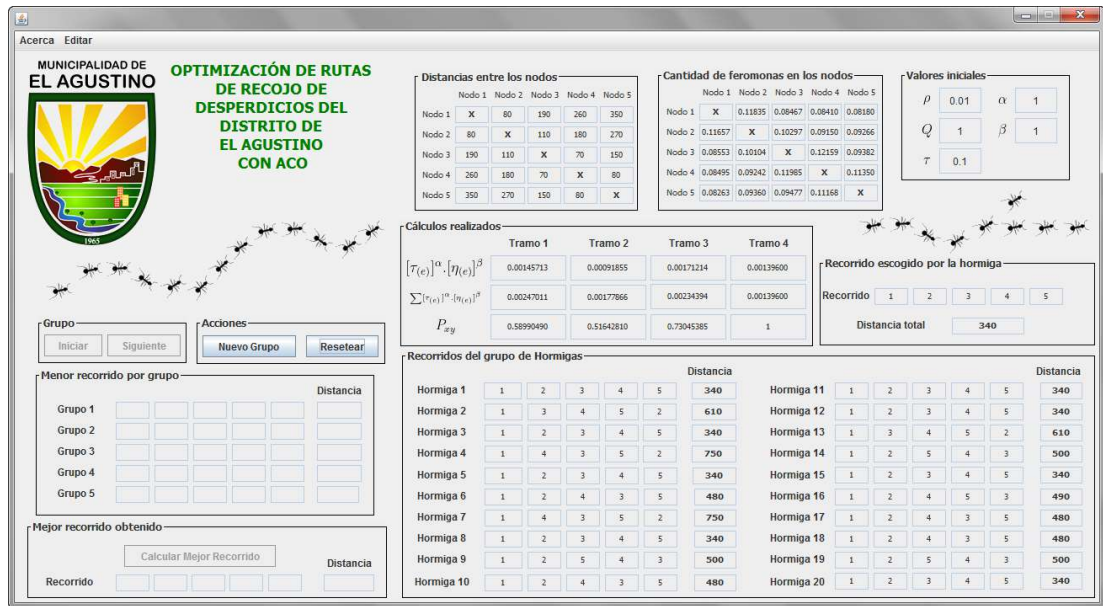
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 132: Actualización de feromonas - Hormiga N° 20**

Rutas	$(1 - P)$	Feromonas actuales $\tau_{xy}$	$(1 - P)\tau_{xy}$	Feromonas aportada $\Delta\tau_{xy} = (Q/L)$	Nuevas feromonas $\Sigma \tau_{xy}$
A - B	0.99	0.11657	0.11540	0.00294	0.11835
A - C	0.99	0.08553	0.08467	0.00000	0.08467
A - D	0.99	0.08495	0.08410	0.00000	0.08410
A - E	0.99	0.08263	0.08180	0.00000	0.08180
B - C	0.99	0.10104	0.10003	0.00294	0.10297
B - D	0.99	0.09242	0.09150	0.00000	0.09150
B - E	0.99	0.09360	0.09266	0.00000	0.09266
C - D	0.99	0.11985	0.11865	0.00294	0.12159
C - E	0.99	0.09477	0.09382	0.00000	0.09382
D - E	0.99	0.11168	0.11056	0.00294	0.11350

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1



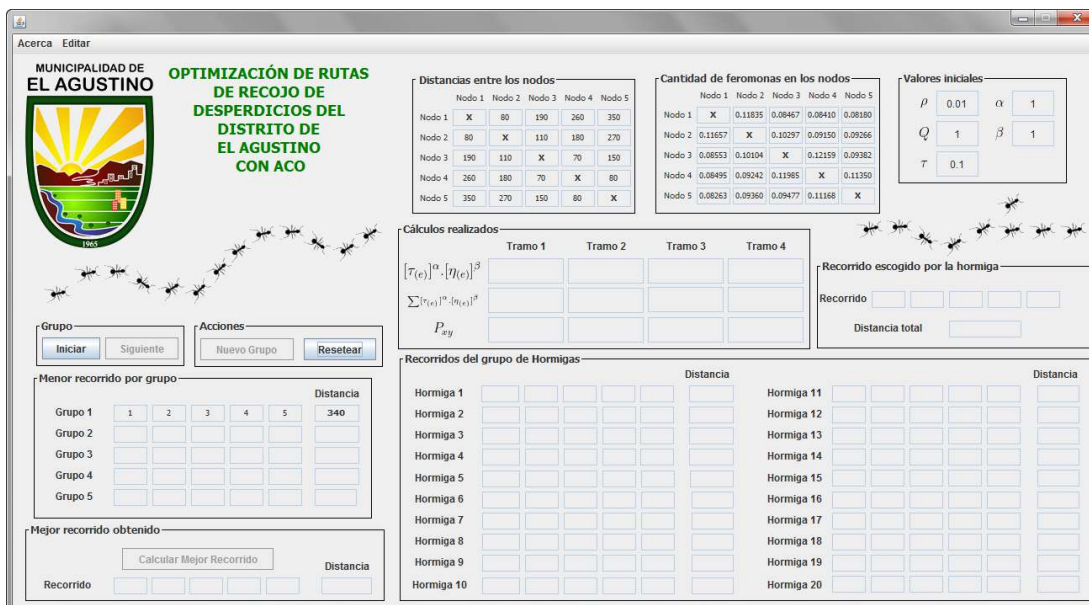
Fuente: Elaboración propia

Tabla 133: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	3	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>490</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1



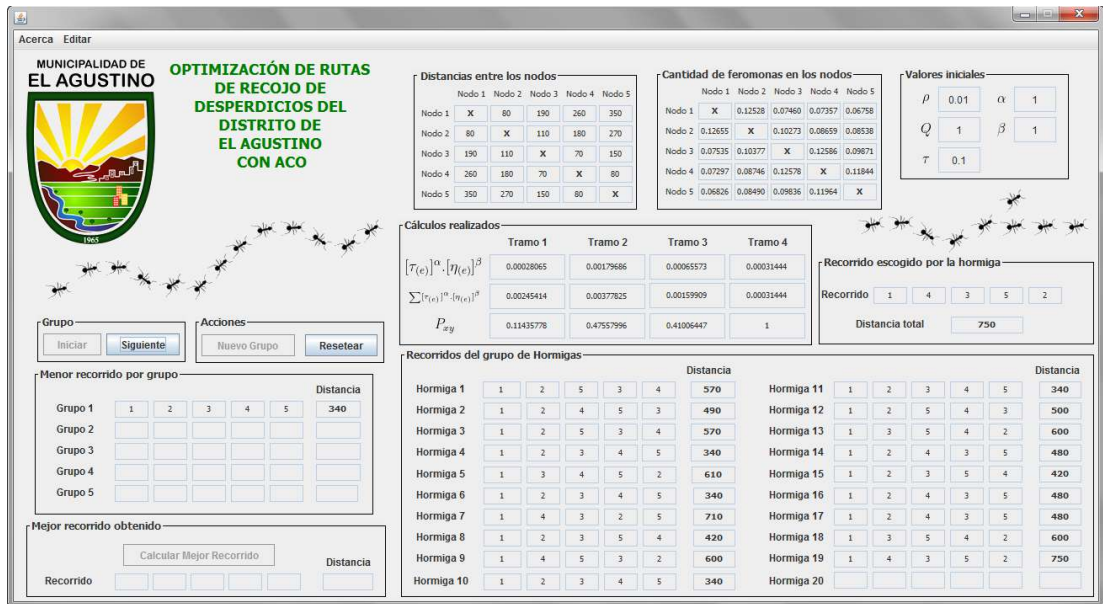
Fuente: Elaboración propia

Tabla 134: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 1

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 29: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1**



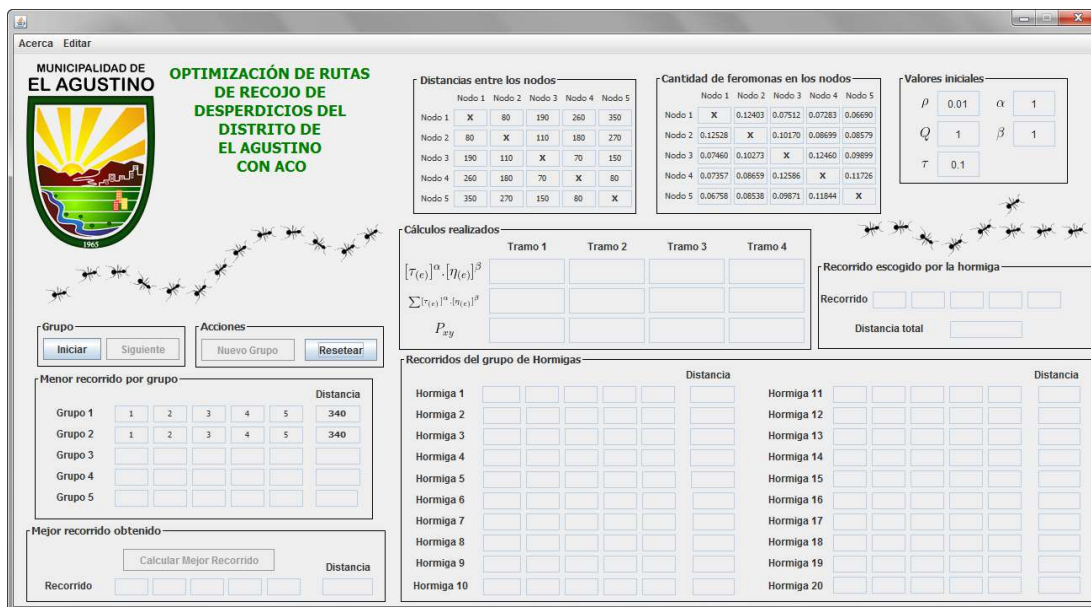
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 135: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	3	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>490</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	5	3	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	2	5	<b>710</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	5	4	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	5	4	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	3	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	5	2	4	<b>790</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1



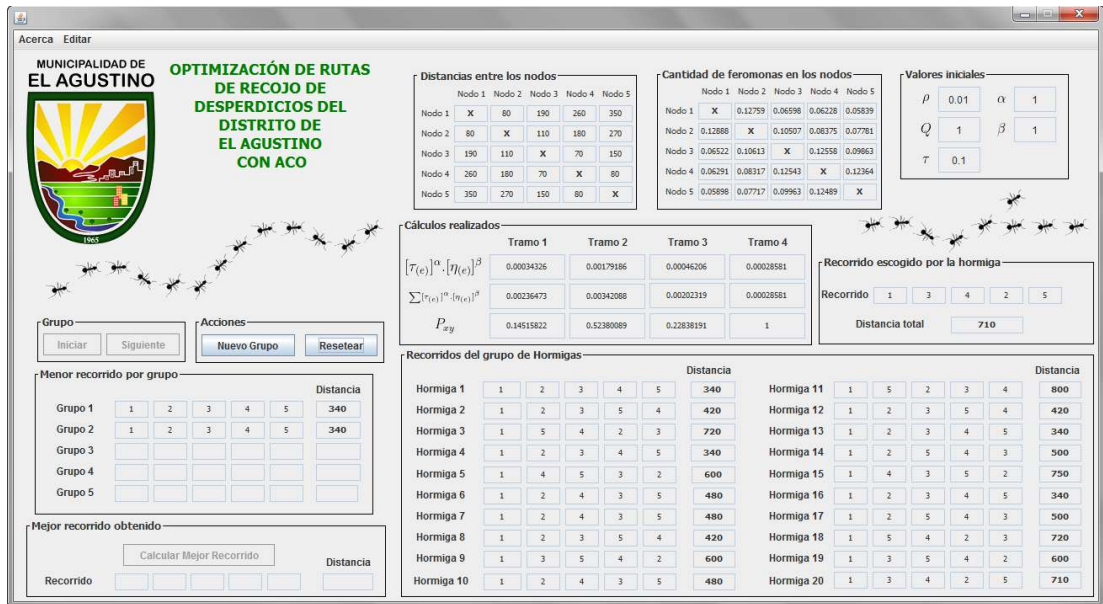
Fuente: Elaboración propia

Tabla 136: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 1

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 31: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1**



Fuente: Elaboración propia

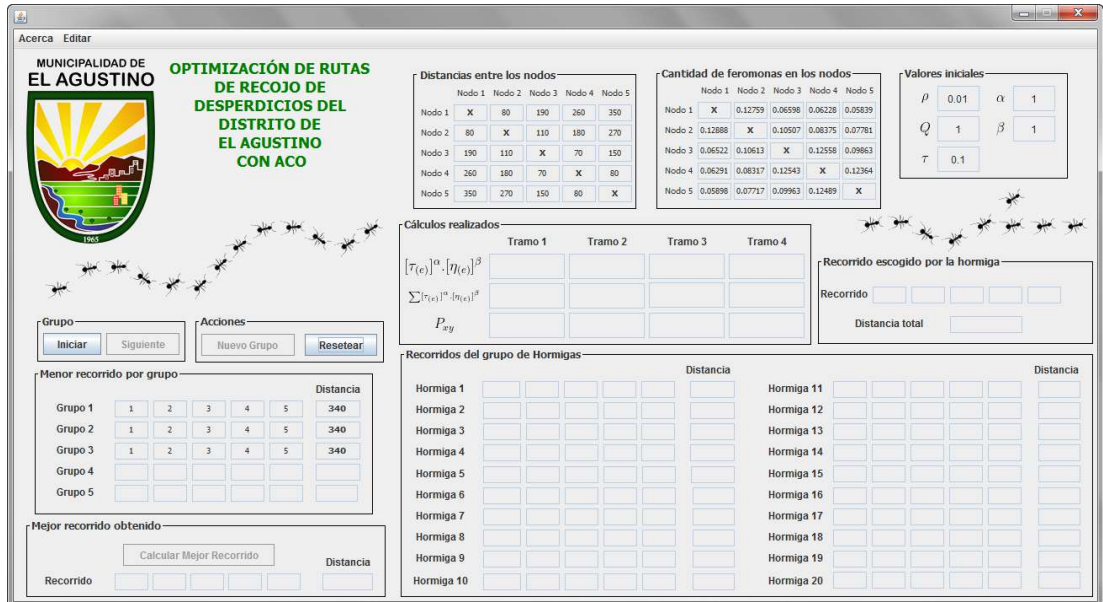
**Tabla 137: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>720</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	5	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	5	4	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>800</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	3	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	4	2	3	<b>720</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	4	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	4	2	5	<b>710</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 32: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1



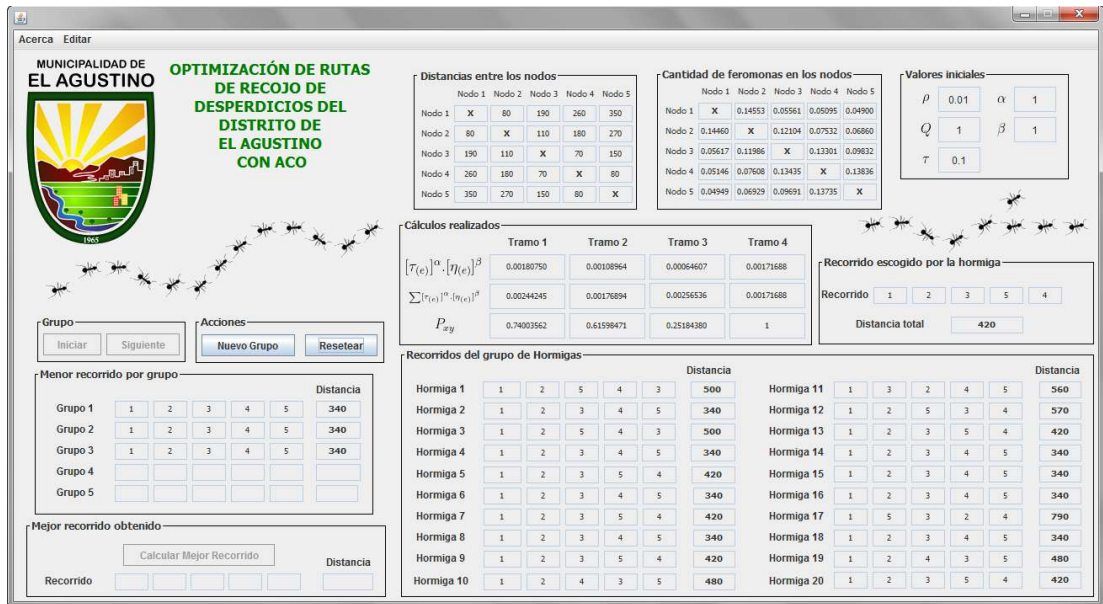
Fuente: Elaboración propia

Tabla 138: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 1

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 33: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 1**



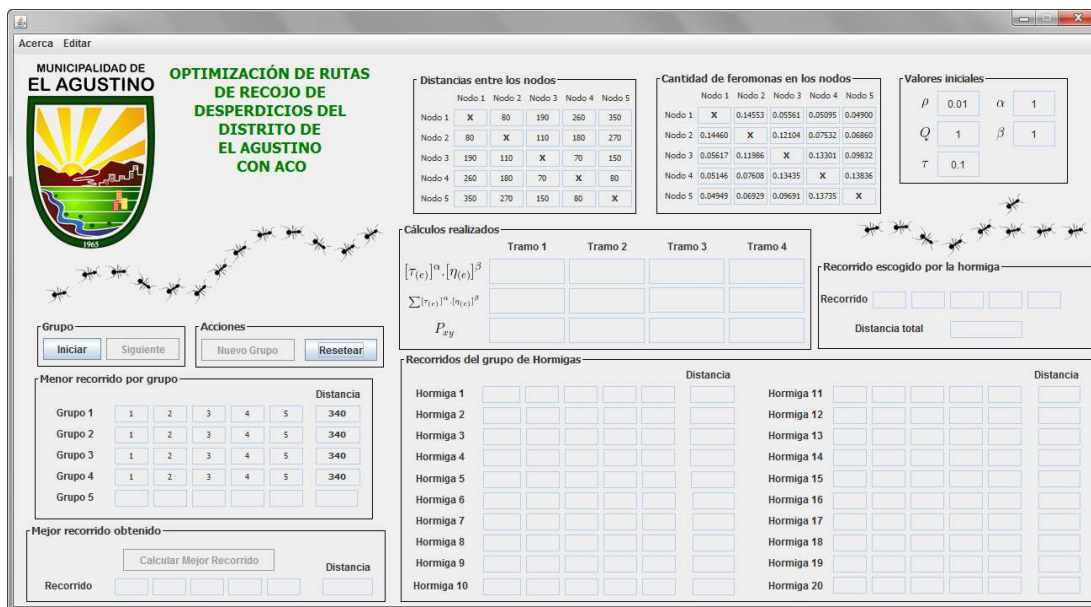
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 139: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>560</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	3	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>790</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 34: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 1**



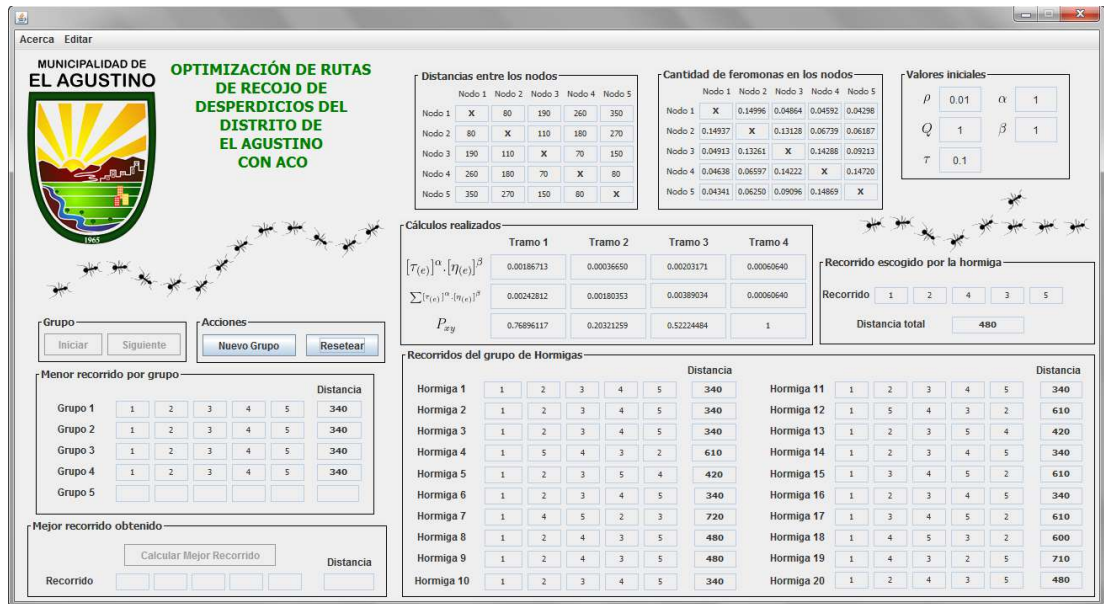
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 140: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 35: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1**



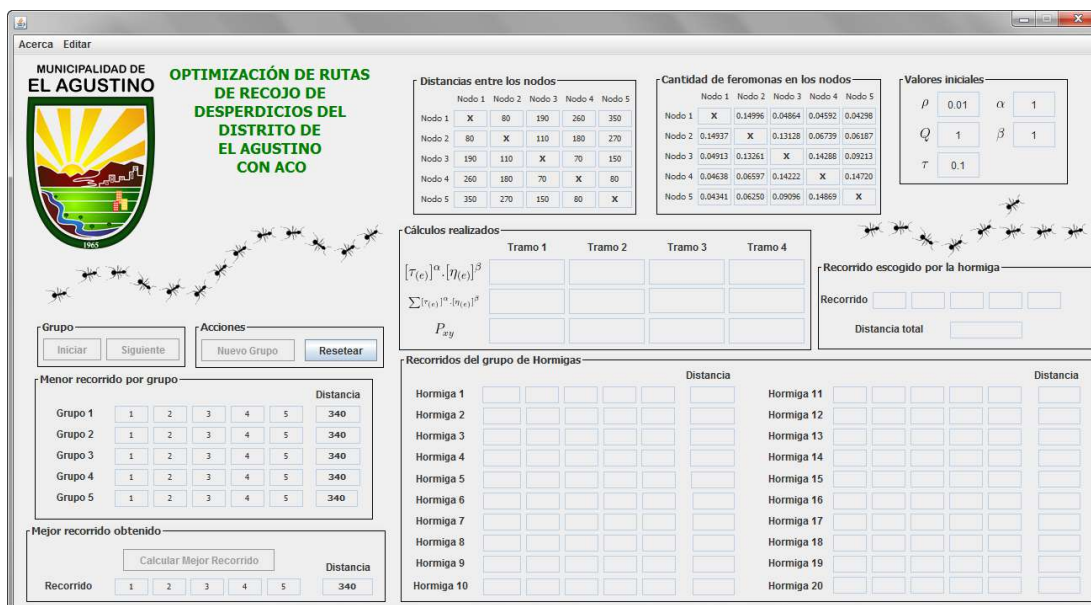
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 141: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	3	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	2	3	<b>720</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	4	3	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>420</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	3	2	5	<b>710</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 36: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 142: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 143: Mejor recorrido - Recorrido N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2. Recorrido N° 2 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 37: Ingresando datos Recorrido N° 2

**MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO**  
**OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO**

**Distancias entre los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	80	120	80	350
Nodo 2	80	X	270	650	230
Nodo 3	120	270	X	120	400
Nodo 4	80	650	120	X	280
Nodo 5	350	230	400	280	X

**Cantidad de feromonas en los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

**Valores iniciales**

$\rho$  0.01     $\alpha$  1  
 $Q$  1     $\beta$  1  
 $\tau$  0.1

**Cálculos realizados**

Tramo 1    Tramo 2    Tramo 3    Tramo 4

$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$P_{xy}$

**Recorrido escogido por la hormiga**

Recorrido: [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]  
 Distancia total: [ ]

**Menor recorrido por grupo**

Grupo	Distancia
Grupo 1	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Grupo 2	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Grupo 3	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Grupo 4	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Grupo 5	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

**Mejor recorrido obtenido**

Calcular Mejor Recorrido    Distancia

Recorrido: [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

**Recorridos del grupo de Hormigas**

Hormiga	Distancia
Hormiga 1	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 2	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 3	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 4	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 5	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 6	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 7	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 8	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 9	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 10	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 11	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 12	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 13	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 14	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 15	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 16	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 17	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 18	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 19	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
Hormiga 20	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 144: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 2

Distancia	A	B	E'	F'	I
A	X	80	120	80	350
B	80	X	270	650	230
E'	120	270	X	120	400
F'	80	650	120	X	80
I	350	230	400	280	X

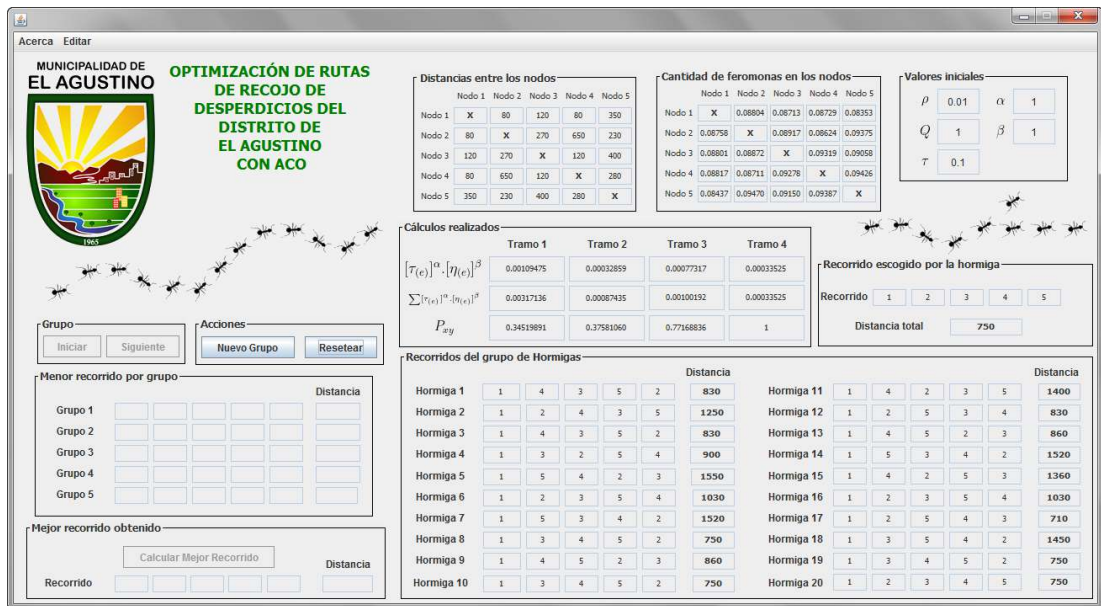
Fuente: Elaboración propia

Tabla 145: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 2

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 38: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2**



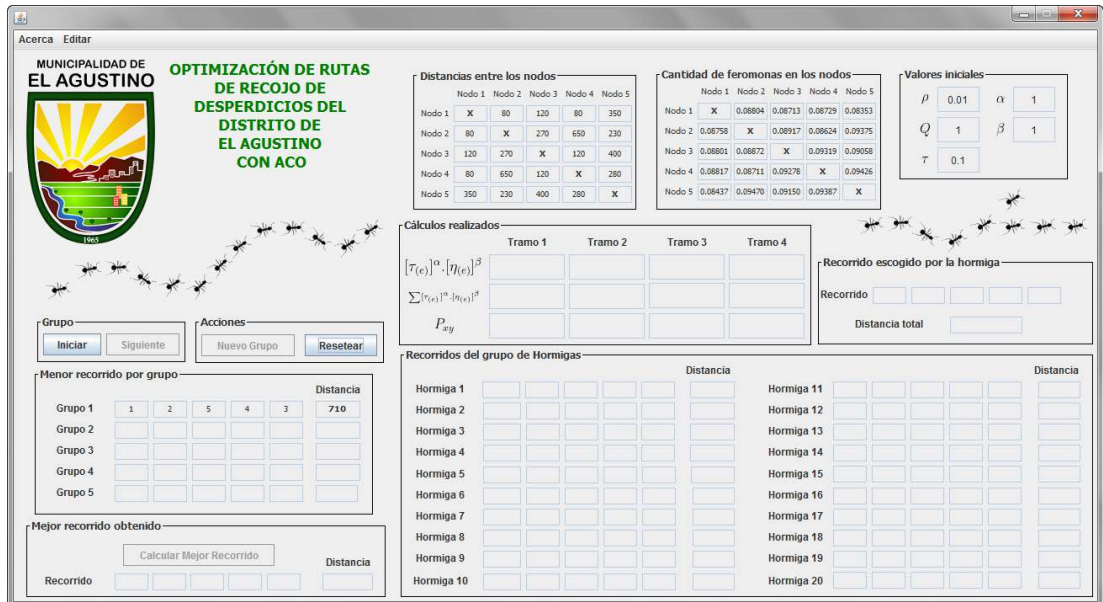
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 146: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>1250</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	2	3	<b>1550</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	5	4	<b>1030</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	3	4	2	<b>1520</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	2	3	<b>860</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	2	3	5	<b>1400</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	5	2	3	<b>860</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	4	2	<b>1520</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	2	5	3	<b>1360</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>1030</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	5	4	2	<b>1450</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>750</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2



Fuente: Elaboración propia

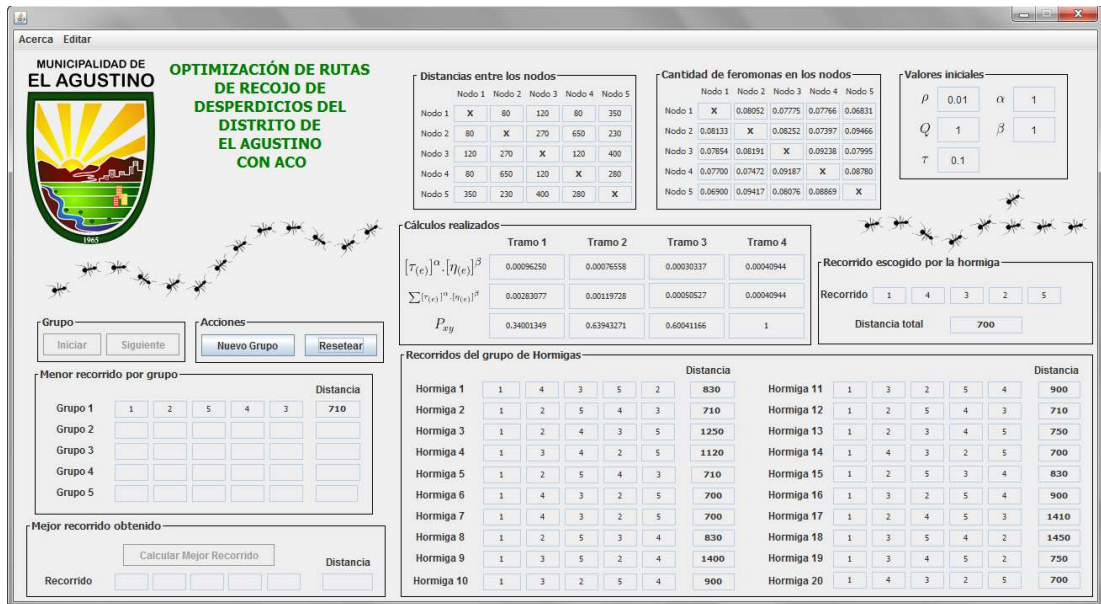
Tabla 147: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 2

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



**Figura 40: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2**



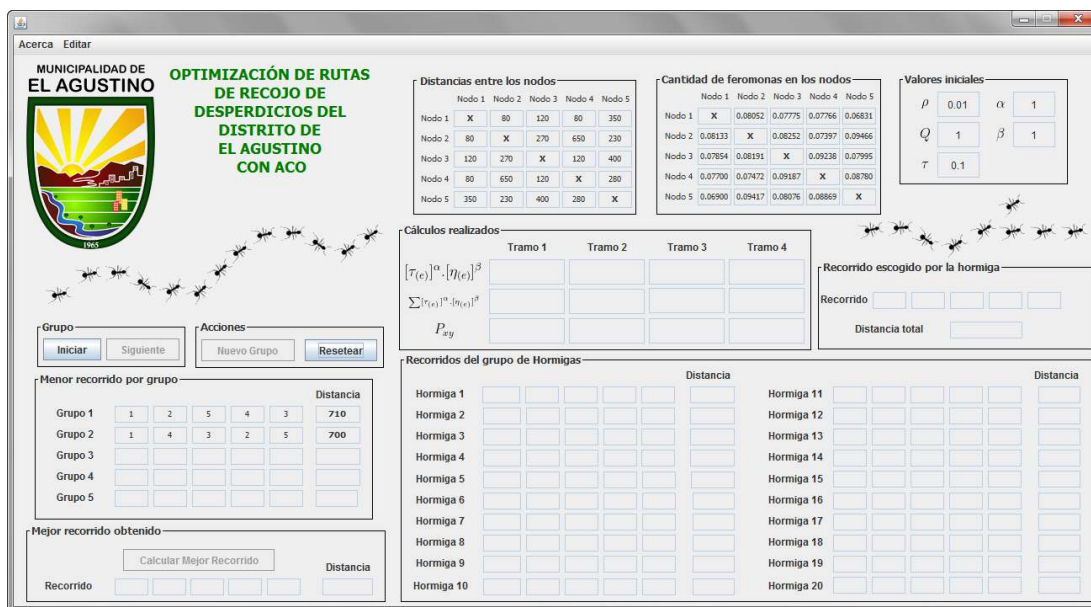
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 148: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	4	3	5	<b>1250</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	4	2	5	<b>1120</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	5	2	4	<b>1400</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>750</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>1410</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	5	4	2	<b>1450</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2



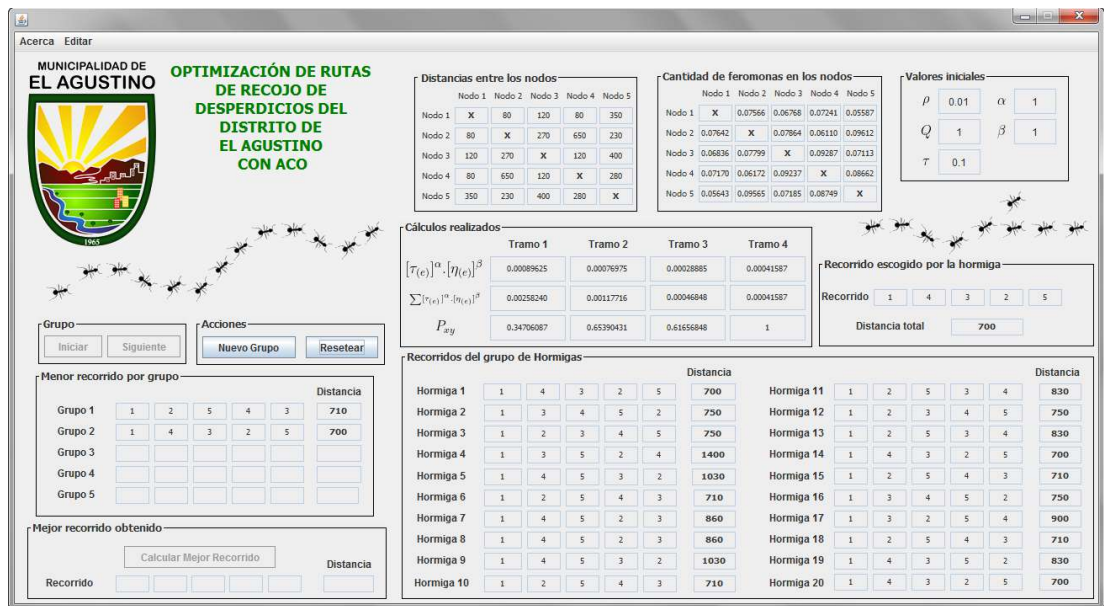
Fuente: Elaboración propia

Tabla 149: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 2

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 42: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2**



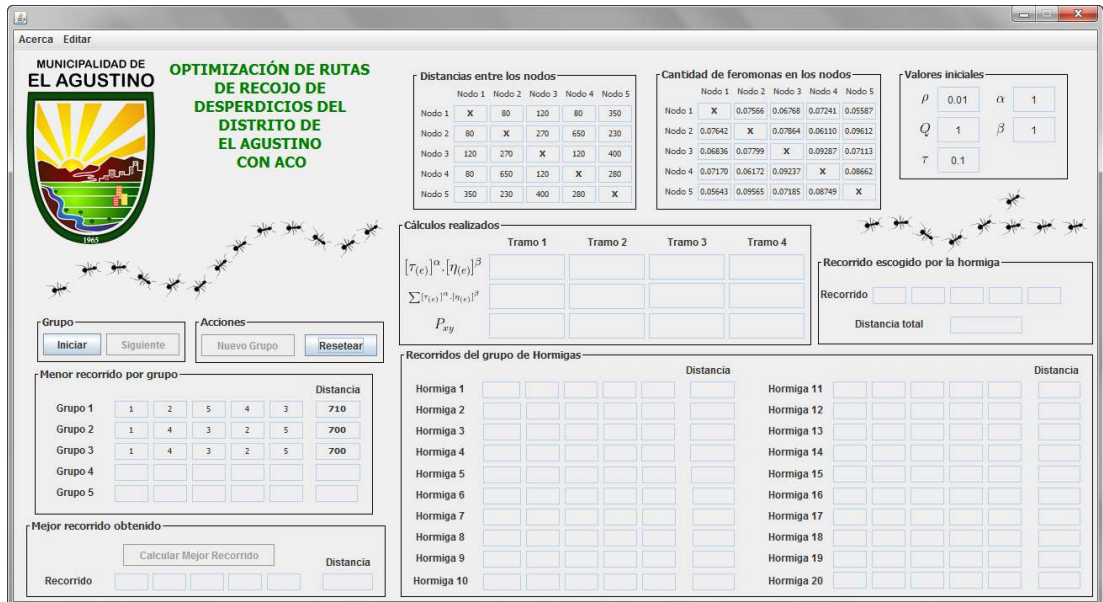
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 150: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>750</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	2	4	<b>1400</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	5	3	2	<b>1030</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	2	3	<b>860</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	5	2	3	<b>860</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	3	2	<b>1030</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>750</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 43: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2



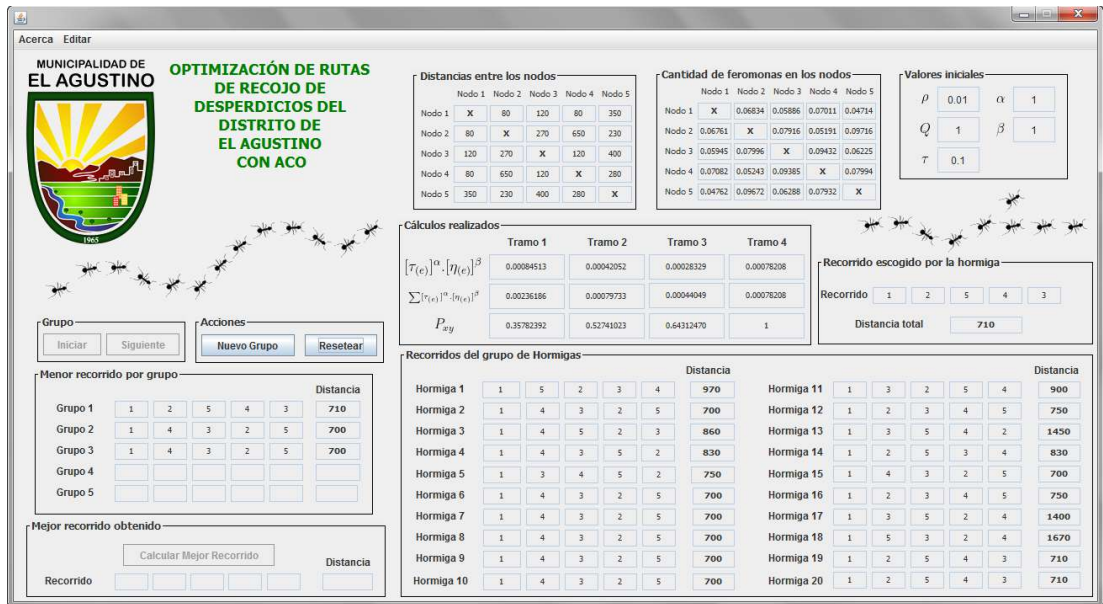
Fuente: Elaboración propia

Tabla 151: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 2

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 3</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 44: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 2**



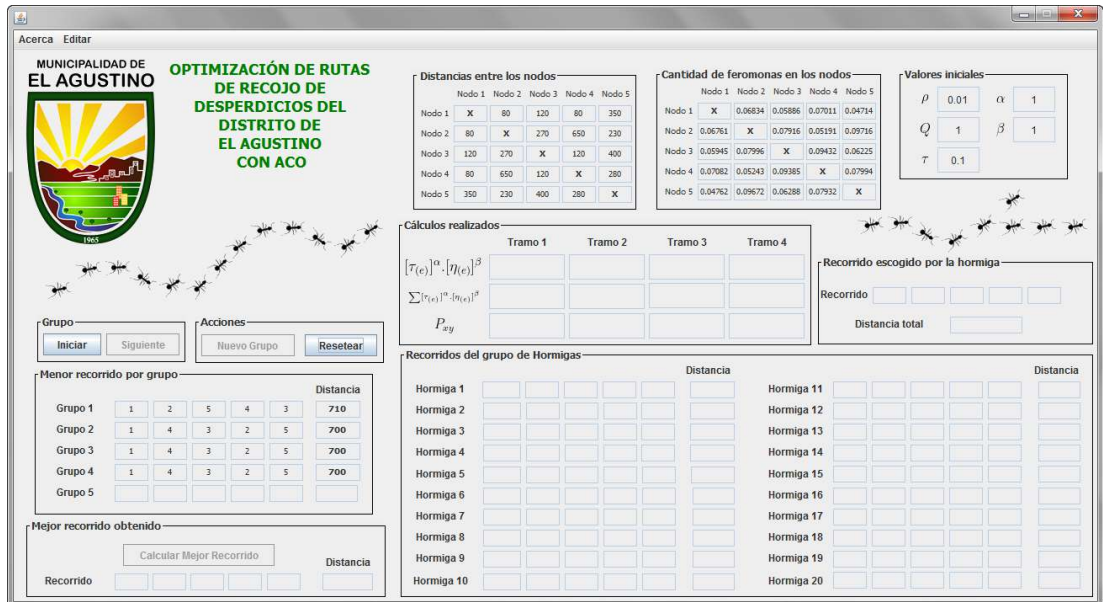
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 152: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 2**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>970</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	5	2	3	<b>860</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	5	4	<b>560</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	3	2	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	2	4	<b>790</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	2	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	5	4	3	<b>480</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	4	3	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 45: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 2



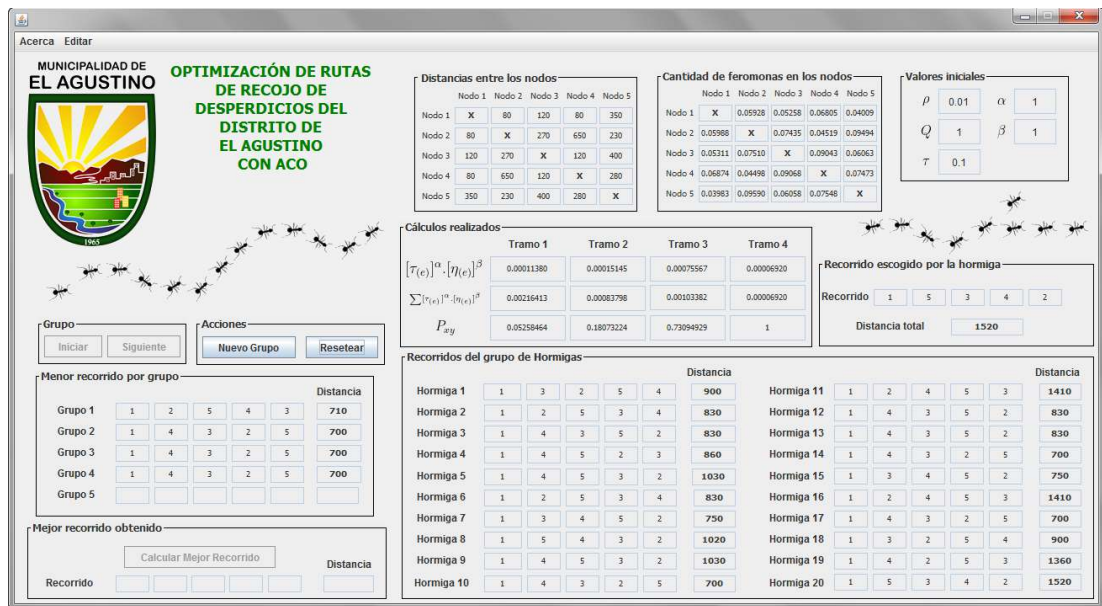
Fuente: Elaboración propia

Tabla 153: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 2

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 3</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 4</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 46: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2



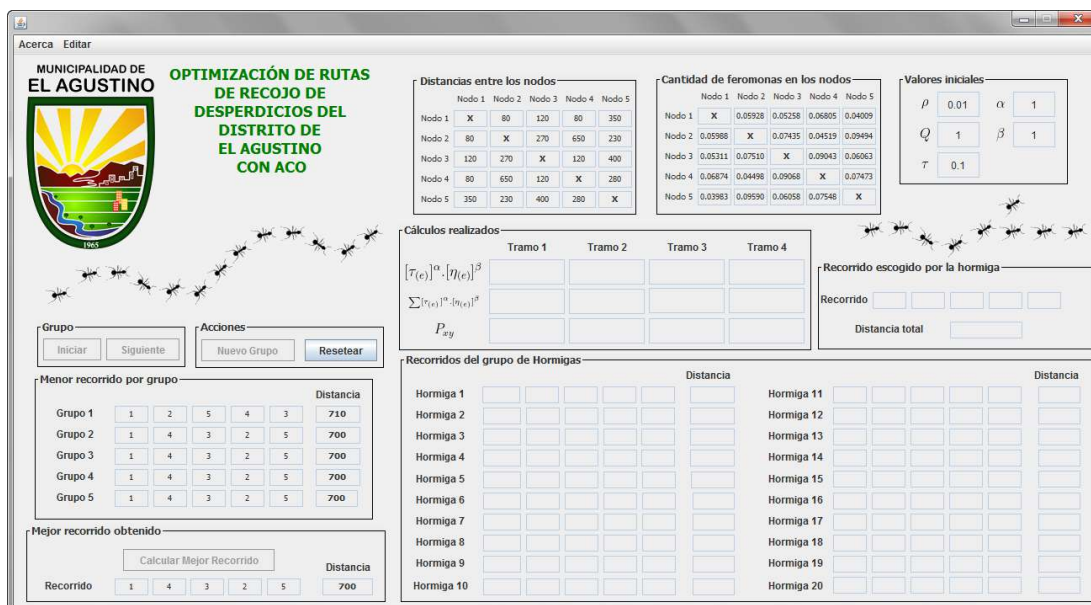
Fuente: Elaboración propia

Tabla 154: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	5	2	3	<b>860</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	5	3	2	<b>1030</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	3	4	<b>830</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	3	2	<b>1020</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	3	2	<b>1030</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	5	3	<b>1410</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	3	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	4	5	2	<b>750</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>1410</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	5	4	<b>900</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	5	3	<b>1360</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	3	4	2	<b>1520</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 47: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 155: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 2**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	5	4	3	<b>710</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 3</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 4</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>
<b>Grupo 5</b>	1	4	3	2	5	<b>700</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 156: Mejor recorrido - Recorrido N° 2**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>A</b>	<b>F'</b>	<b>E'</b>	<b>B</b>	<b>I</b>	<b>700</b>

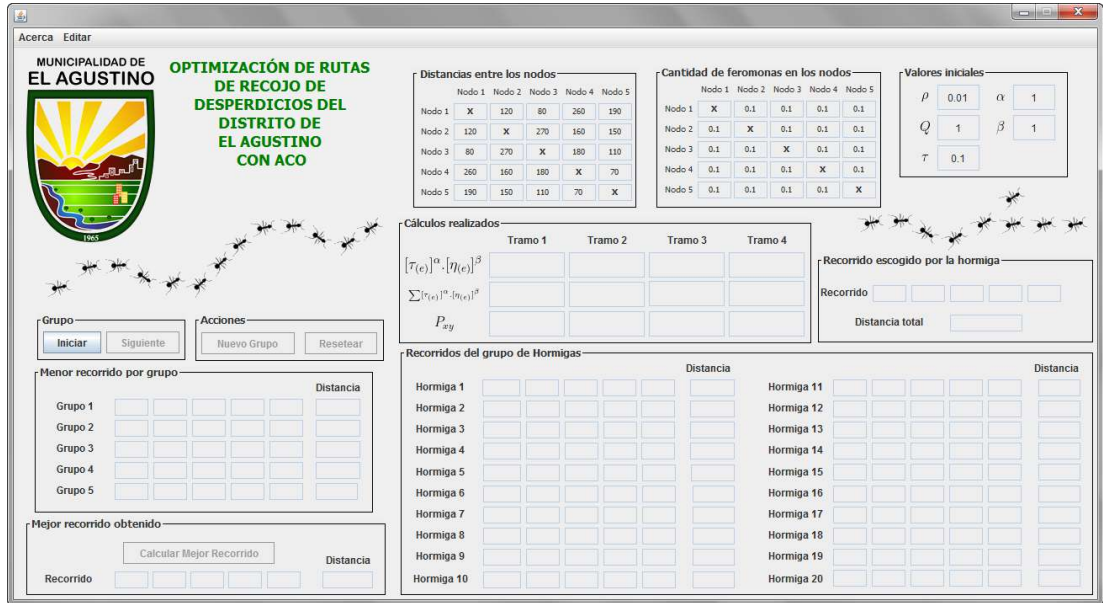
Fuente: Elaboración propia



### 5.2.3. Recorrido N° 3 de Villa Hermosa

#### a. Ingreso de Datos

Figura 48: Ingresando datos Recorrido N° 3



Fuente: Elaboración propia

#### b. Análisis de Datos

Tabla 157: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 3

Distancia	A	E'	B	D	C
A	X	120	80	260	190
E'	120	X	270	160	150
B	80	270	X	180	110
D	260	160	180	X	70
C	190	150	110	70	X

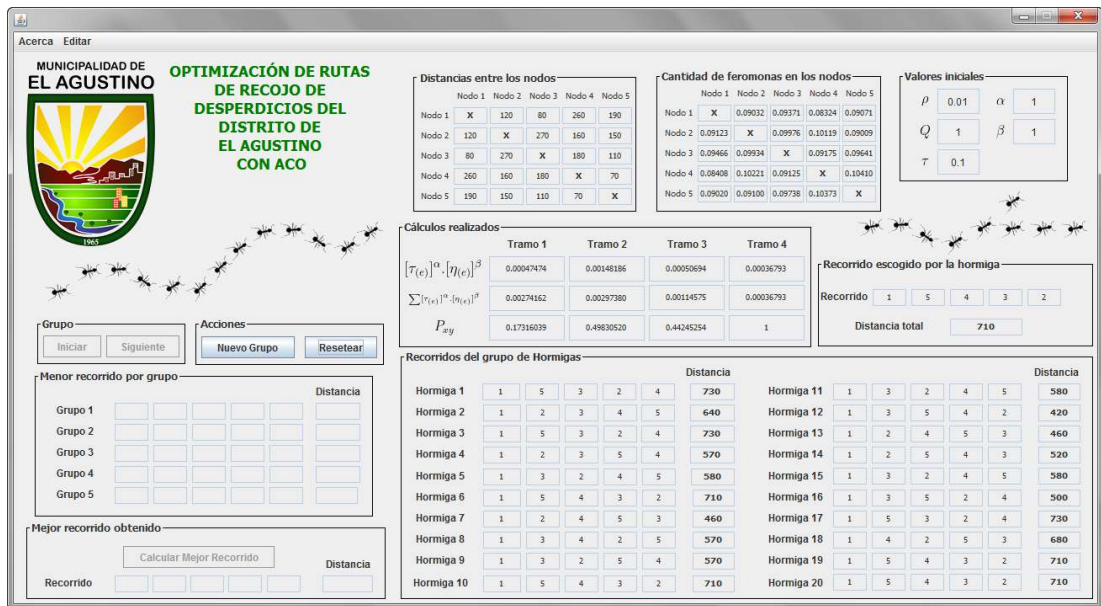
Fuente: Elaboración propia

Tabla 158: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 3

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 49: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3



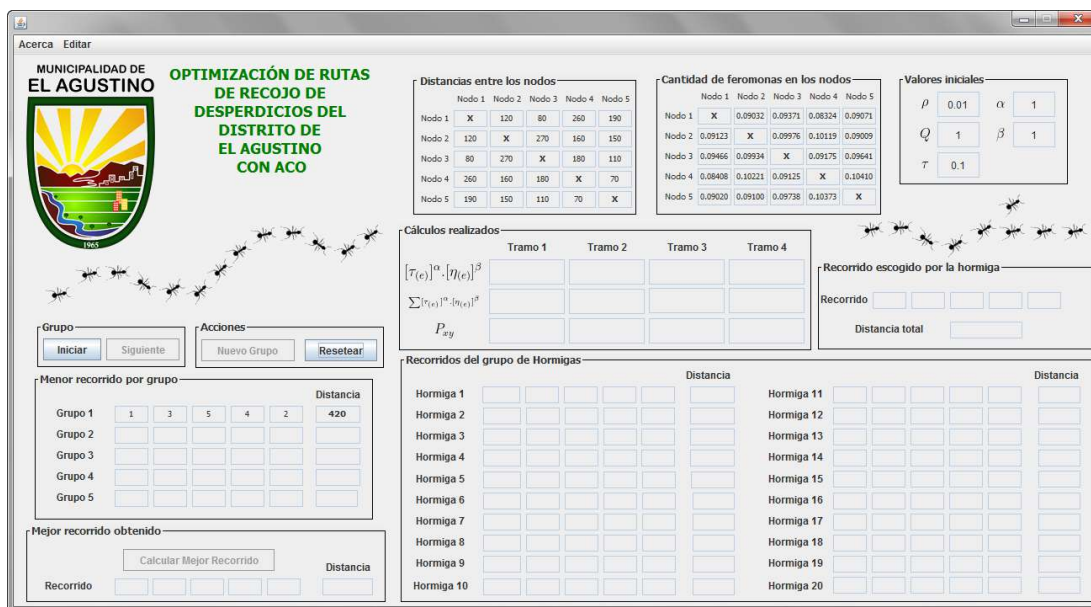
Fuente: Elaboración propia

Tabla 159: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	3	2	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>640</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	3	2	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	4	2	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>520</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	2	5	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 50: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3**



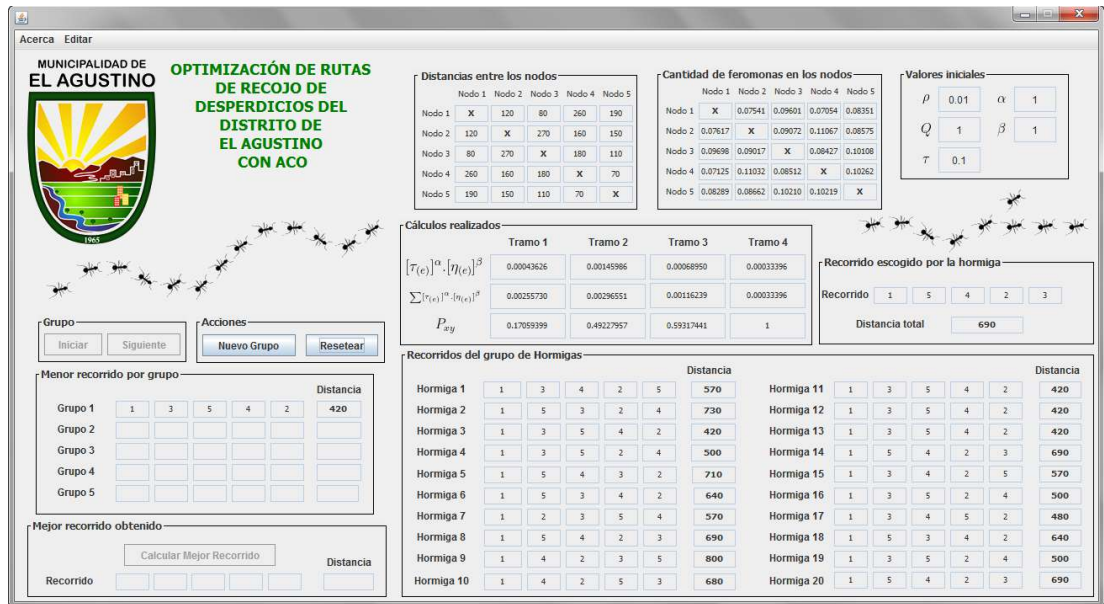
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 160: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 3**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 51: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3**



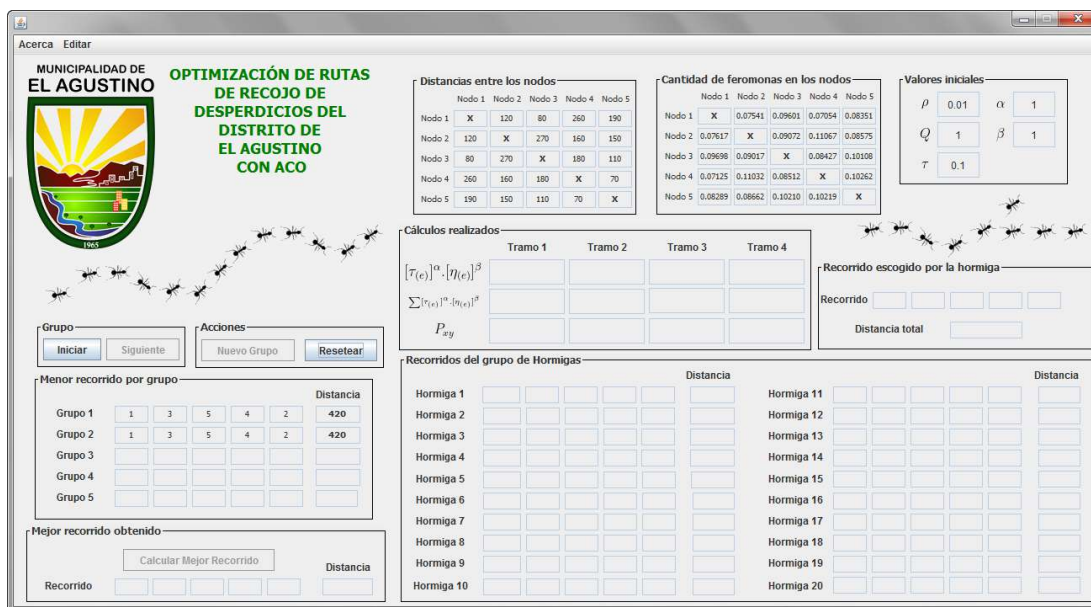
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 161: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	2	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	2	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	3	4	2	<b>640</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	2	3	5	<b>800</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	2	5	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	4	2	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	4	2	<b>640</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 52: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3**



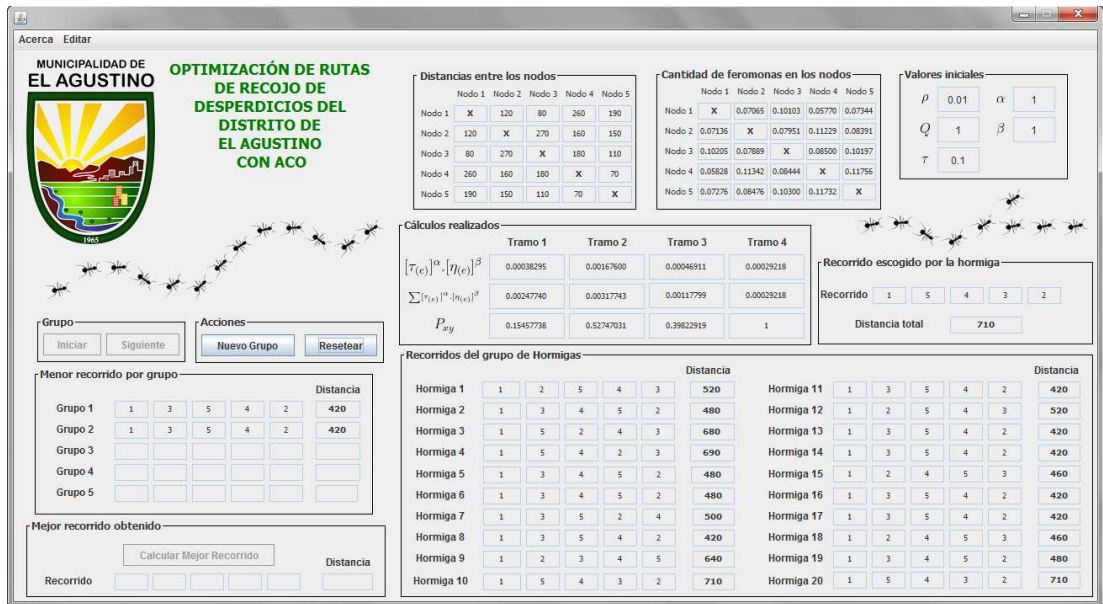
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 162: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 3**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 53: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3



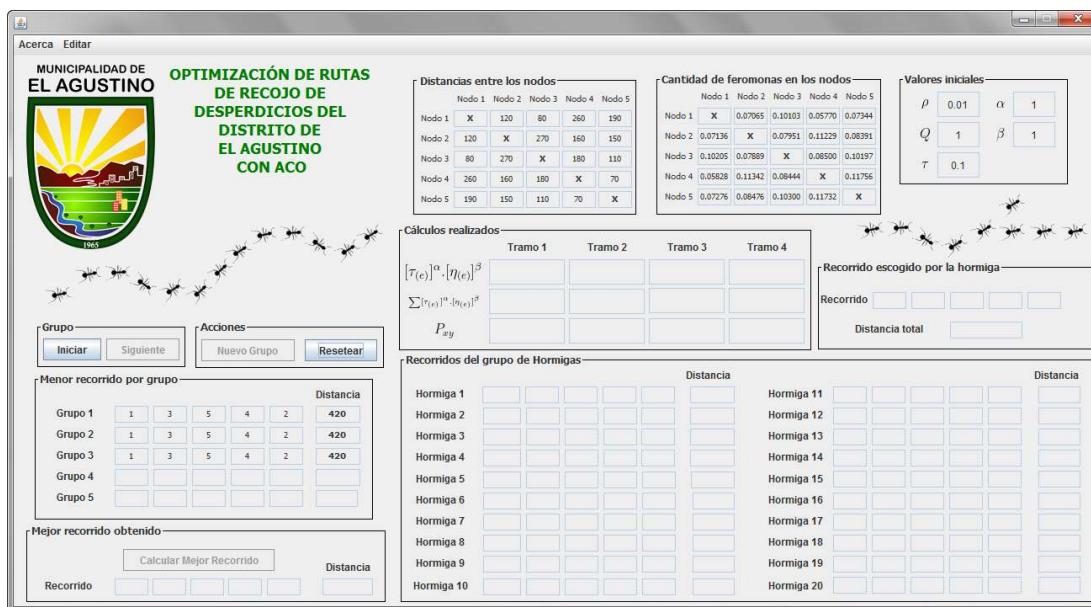
Fuente: Elaboración propia

Tabla 163: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	4	3	<b>520</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	4	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>640</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>520</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>710</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 54: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3**



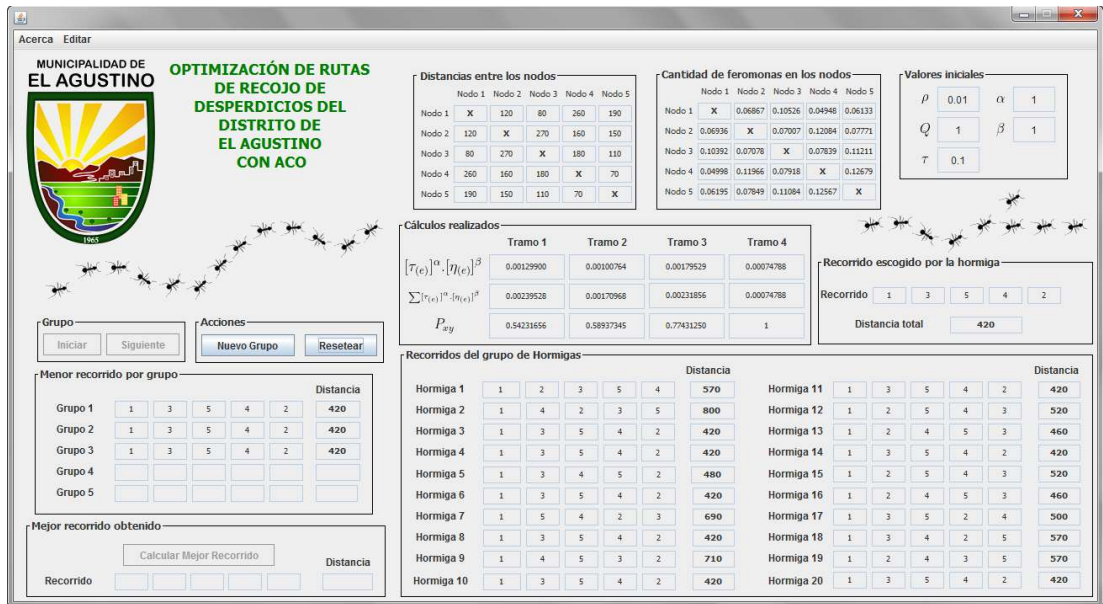
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 164: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 3**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 3



Fuente: Elaboración propia

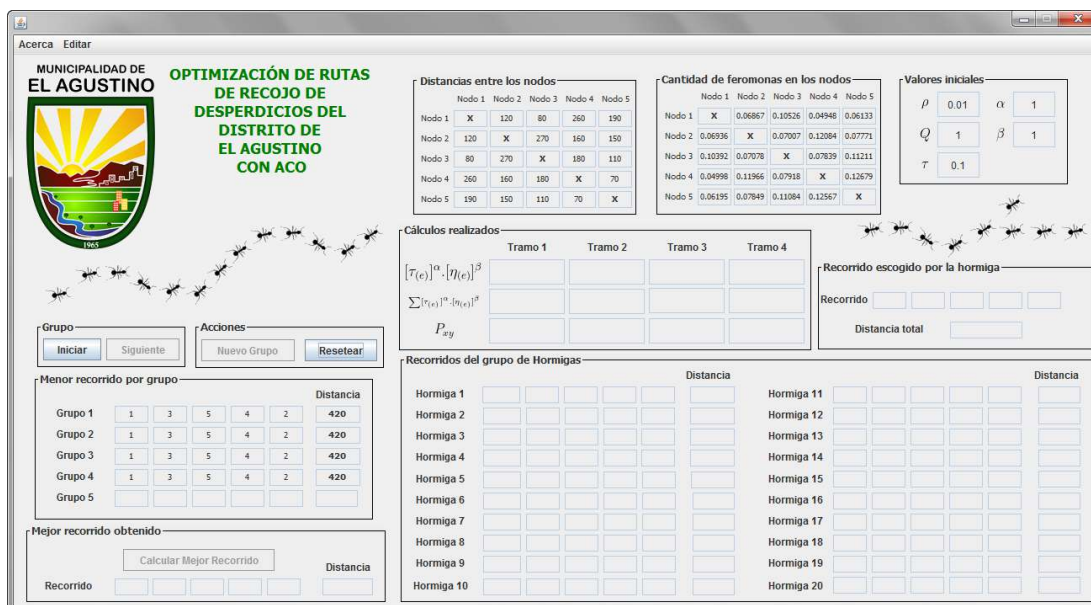
Tabla 165: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 3

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	2	3	5	<b>800</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>520</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	4	3	<b>520</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	4	2	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	4	3	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 56: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 3



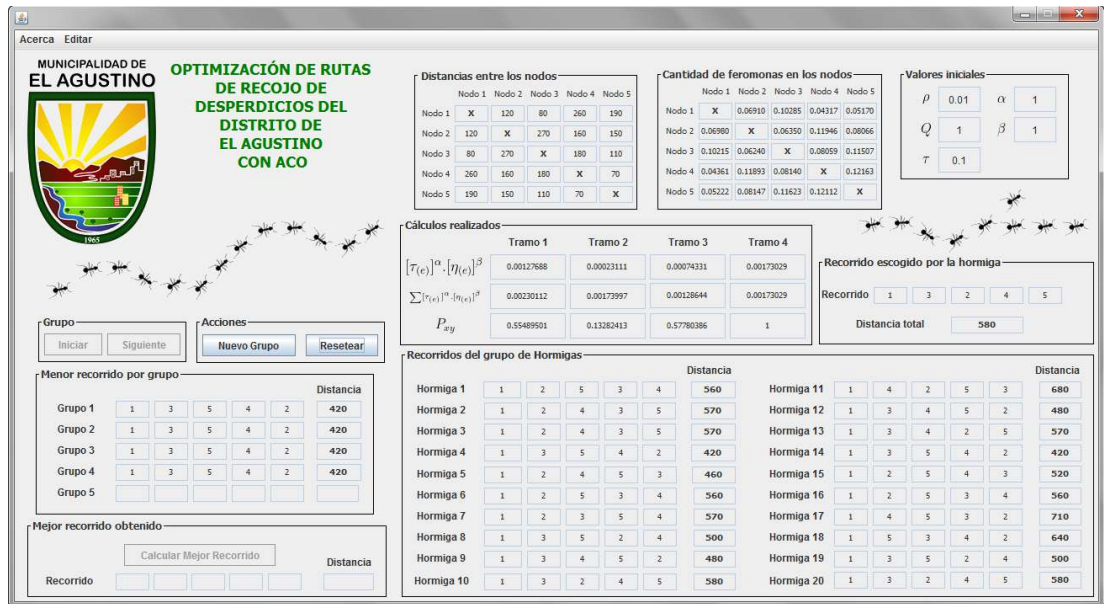
Fuente: Elaboración propia

Tabla 166: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 3

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 4</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 57: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3**



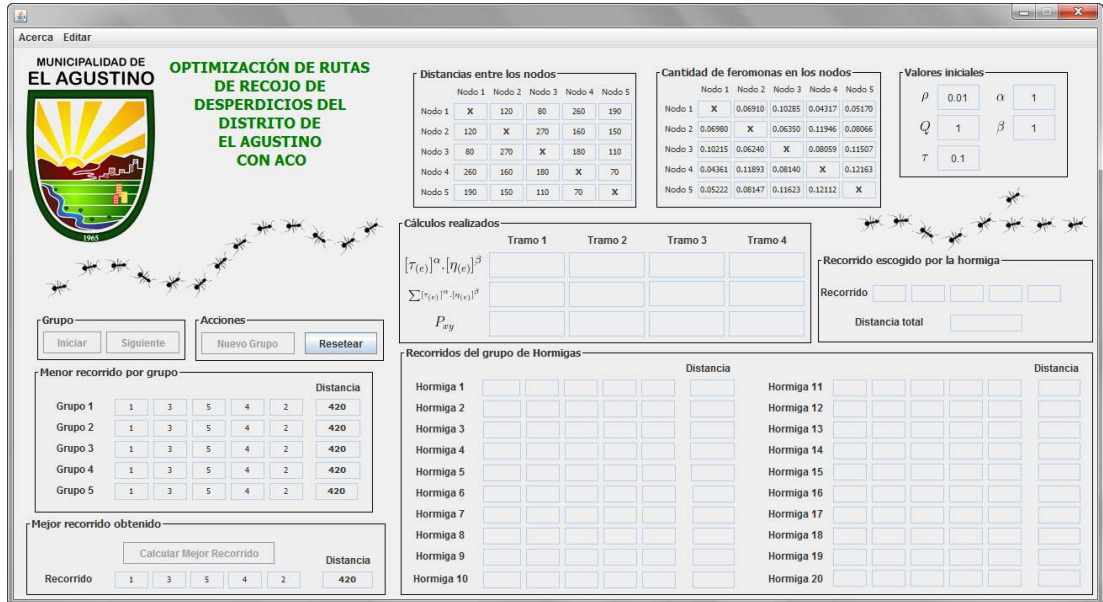
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 167: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	3	4	<b>560</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	4	3	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	5	3	<b>460</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	3	4	<b>560</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	2	5	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	4	5	2	<b>480</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	2	5	<b>570</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	4	3	<b>520</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	5	3	4	<b>560</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	5	3	2	<b>710</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	4	2	<b>640</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	2	4	<b>500</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 58: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 168: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 3**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 4</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>
<b>Grupo 5</b>	1	3	5	4	2	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 169: Mejor recorrido - Recorrido N° 3**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E'</b>	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 3 anteriormente descritos (recorrido 1, recorrido 2 y recorrido 3), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

**Tabla 170: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 1**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Recorrido 1</b>	A	B	C	D	E	<b>340</b>
<b>Recorrido 2</b>	A	F'	E'	B	I	<b>700</b>
<b>Recorrido 3</b>	A	B	C	D	E'	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 171: Mejor recorrido – Sección N° 1**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.4. Recorrido N° 4 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 59: Ingresando datos Recorrido N° 4

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 172: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 4

Distancia	E	G	F	H	J
E	X	110	41	190	300
G	110	X	68	78	190
F	41	68	X	150	260
H	190	78	150	X	110
J	300	190	260	110	X

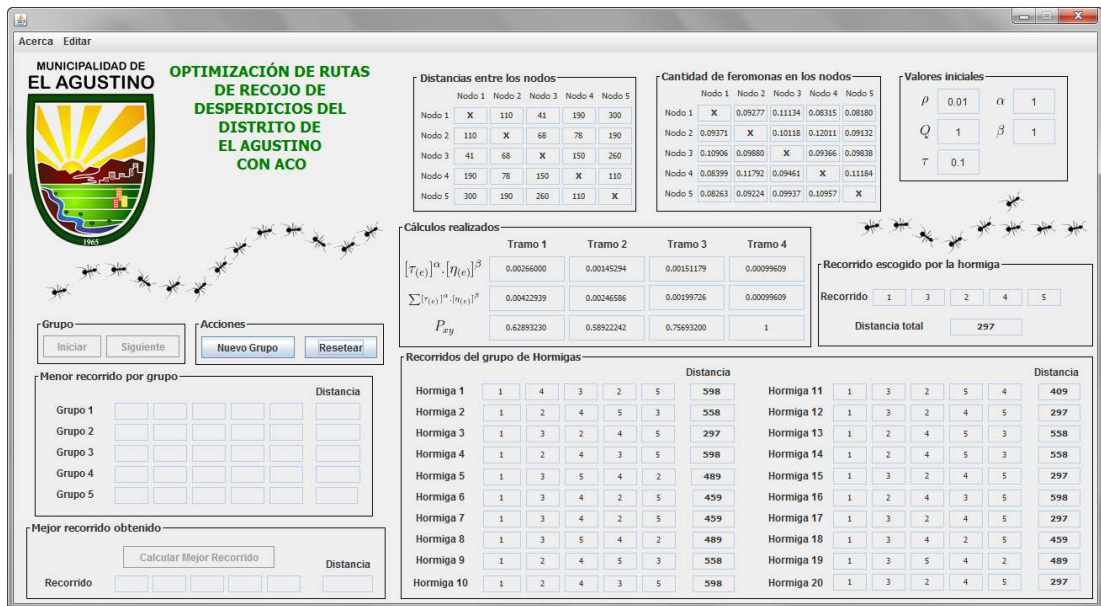
Fuente: Elaboración propia

Tabla 173: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 4

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 60: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4**



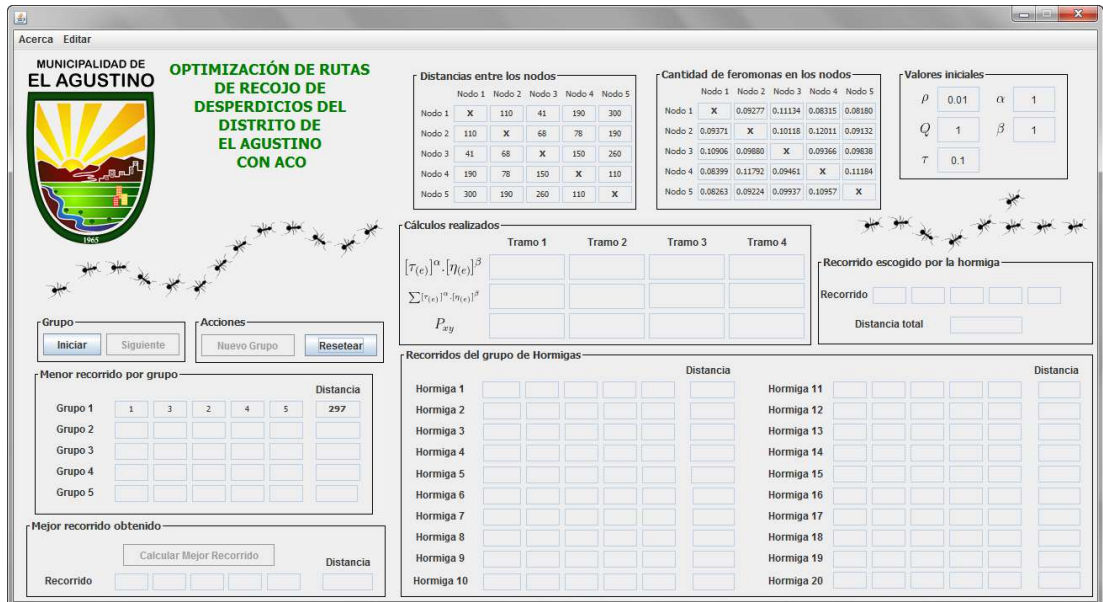
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 174: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	3	2	5	<b>598</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	3	5	<b>598</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	5	4	2	<b>489</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	5	4	2	<b>489</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>598</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	3	5	<b>598</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	4	2	<b>489</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 61: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4**



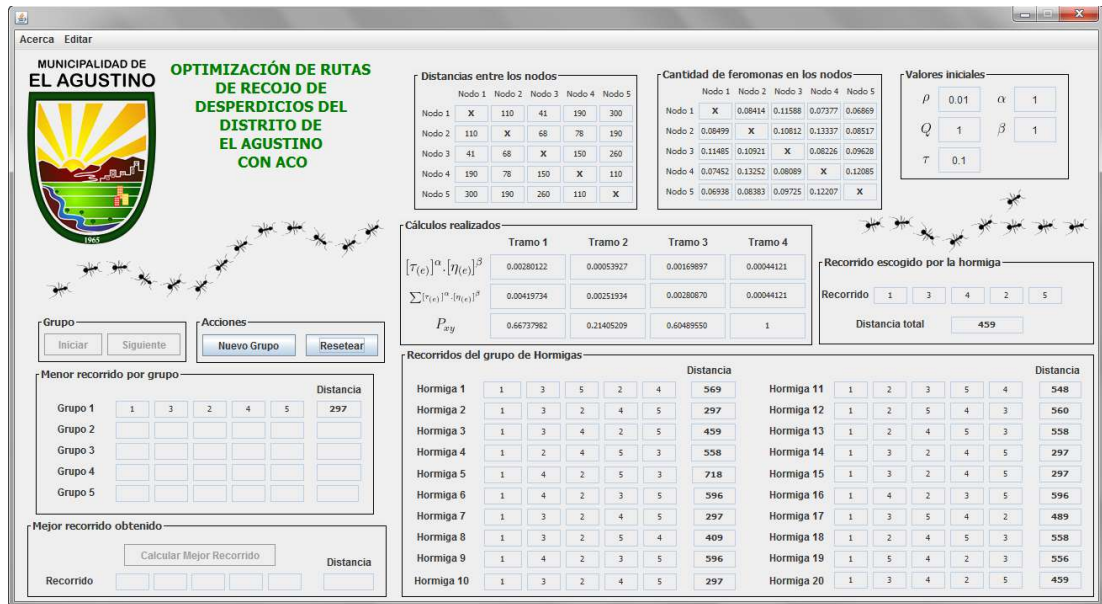
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 175: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 62: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4**



Fuente: Elaboración propia

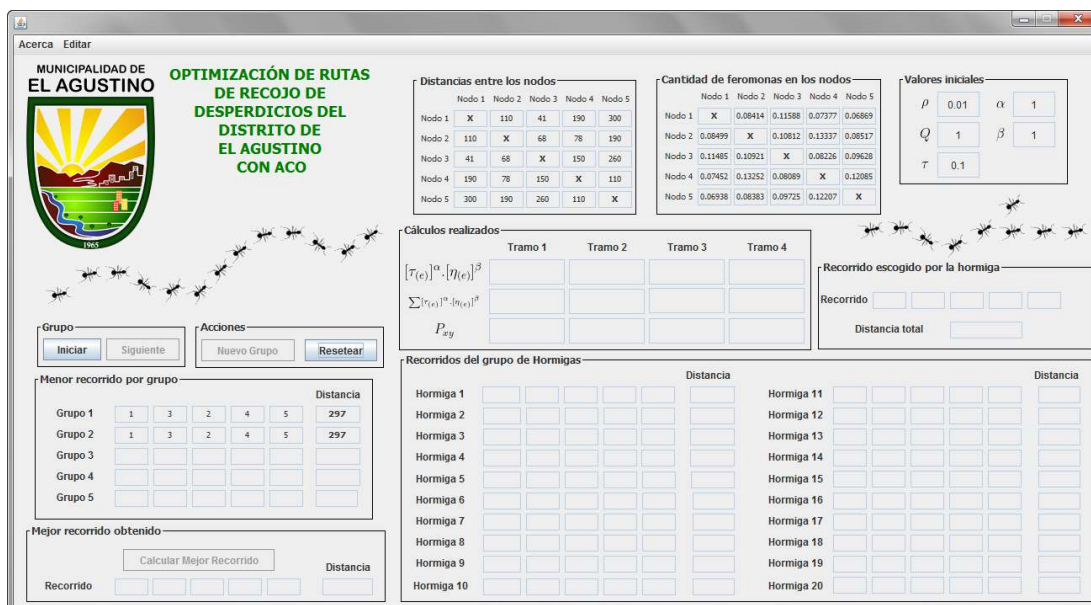
**Tabla 176: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	5	2	4	<b>569</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	2	5	3	<b>718</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	2	3	5	<b>596</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	2	3	5	<b>596</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>548</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>560</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	2	3	5	<b>596</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	4	2	<b>489</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>556</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 63: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4**



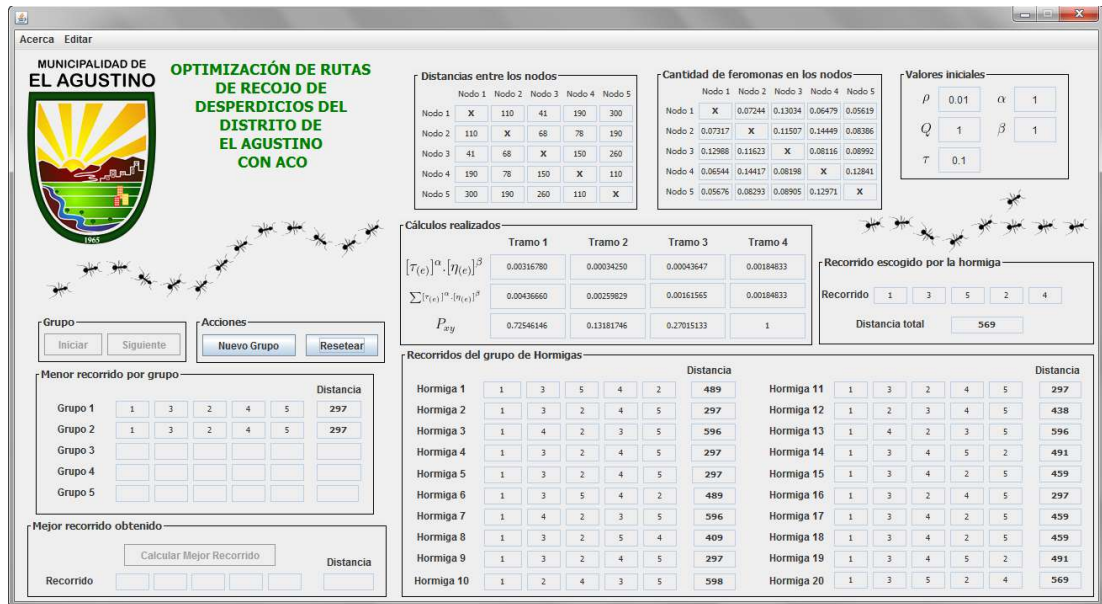
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 177: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 64: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4**



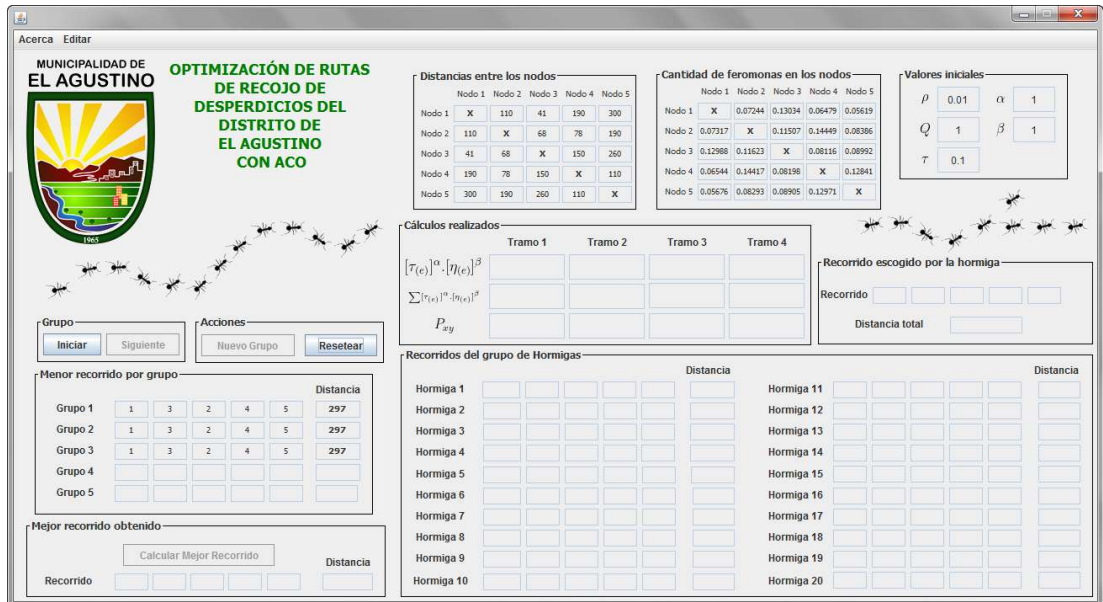
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 178: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	5	4	2	<b>489</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	2	3	5	<b>596</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	5	4	2	<b>489</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	2	3	5	<b>596</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>598</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>438</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	2	3	5	<b>596</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	4	5	2	<b>491</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	4	5	2	<b>491</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	5	2	4	<b>569</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 65: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4**



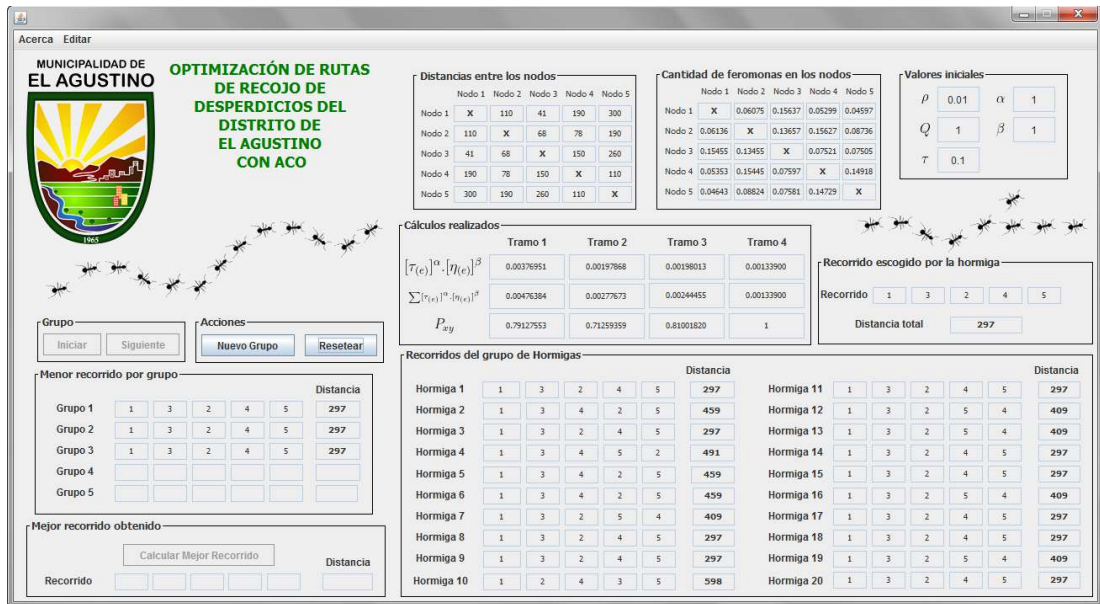
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 179: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 66: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 4



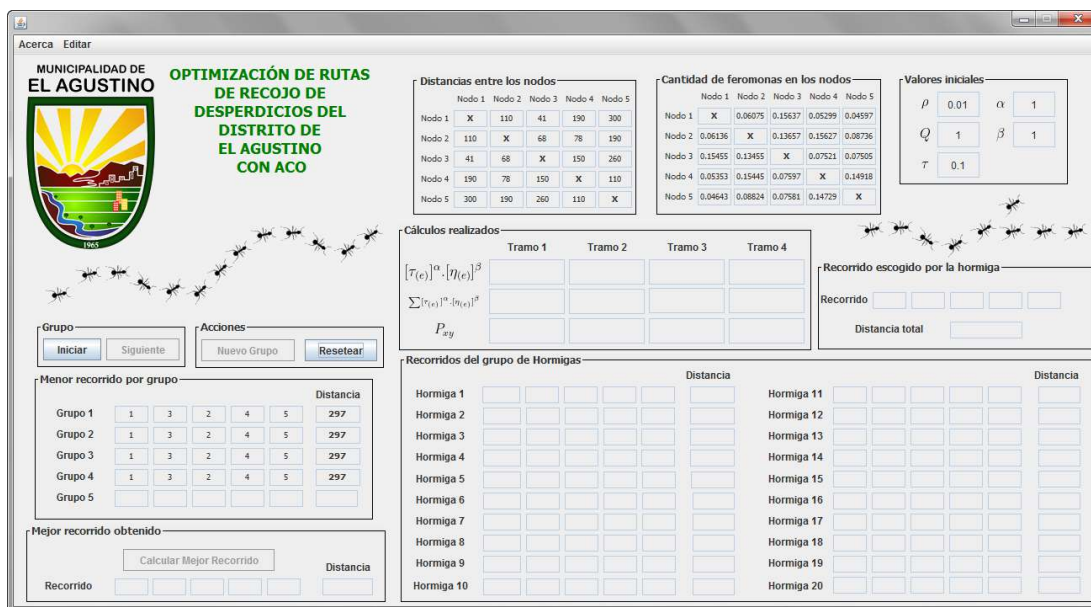
Fuente: Elaboración propia

Tabla 180: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 4

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	4	5	2	<b>491</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	2	5	<b>459</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>598</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 67: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 4



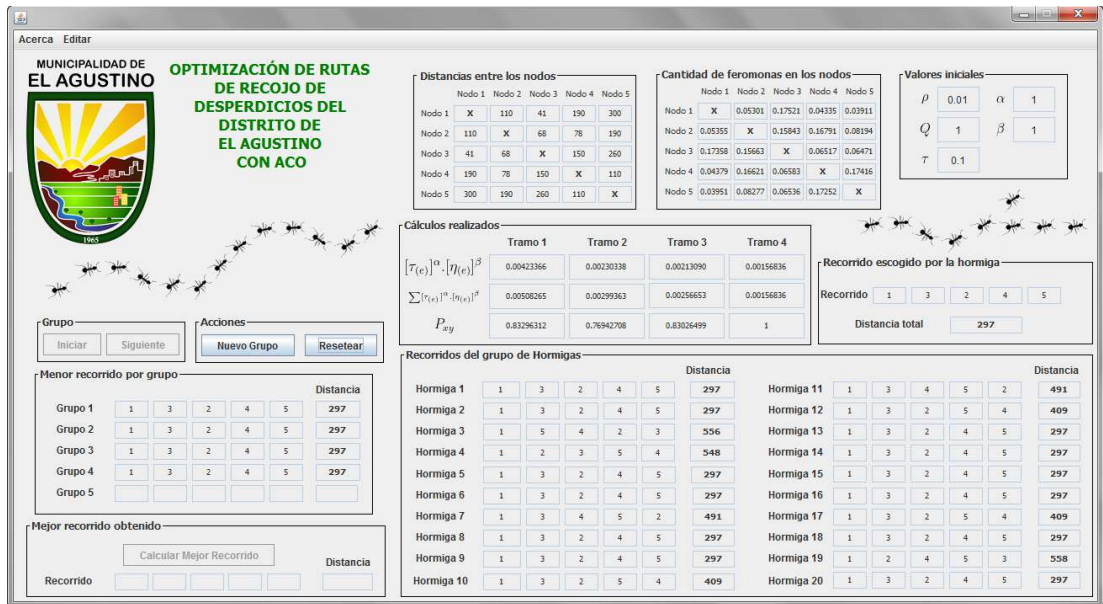
Fuente: Elaboración propia

Tabla 181: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 4

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 4</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 68: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4**



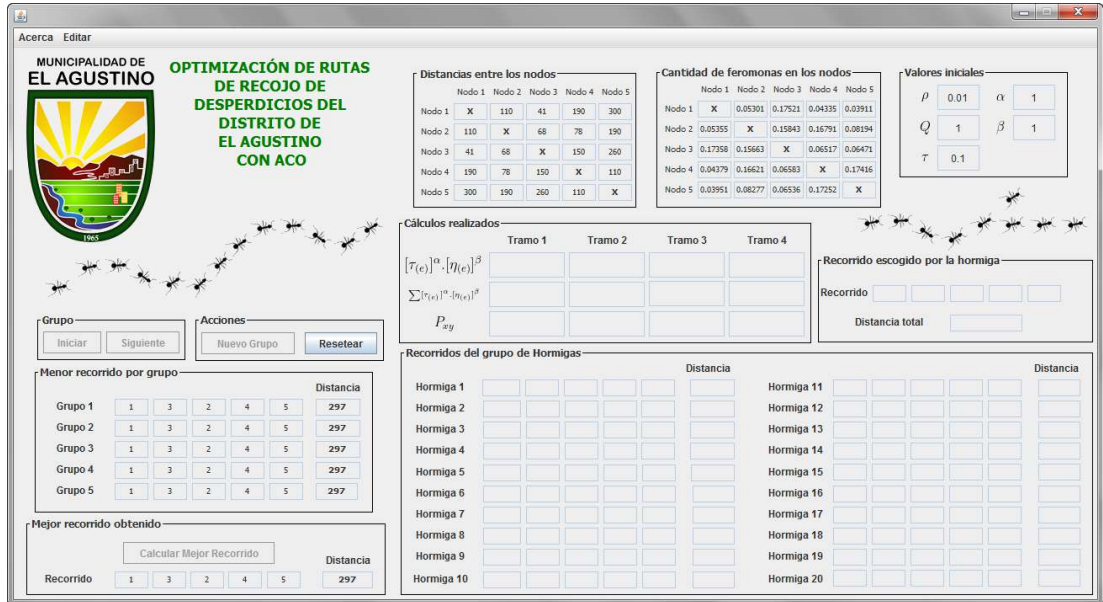
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 182: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>556</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	5	4	<b>548</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	4	5	2	<b>491</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	4	5	2	<b>491</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	5	4	<b>409</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	4	5	3	<b>558</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 69: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 183: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 4</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>
<b>Grupo 5</b>	1	3	2	4	5	<b>297</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 184: Mejor recorrido - Recorrido N° 4**

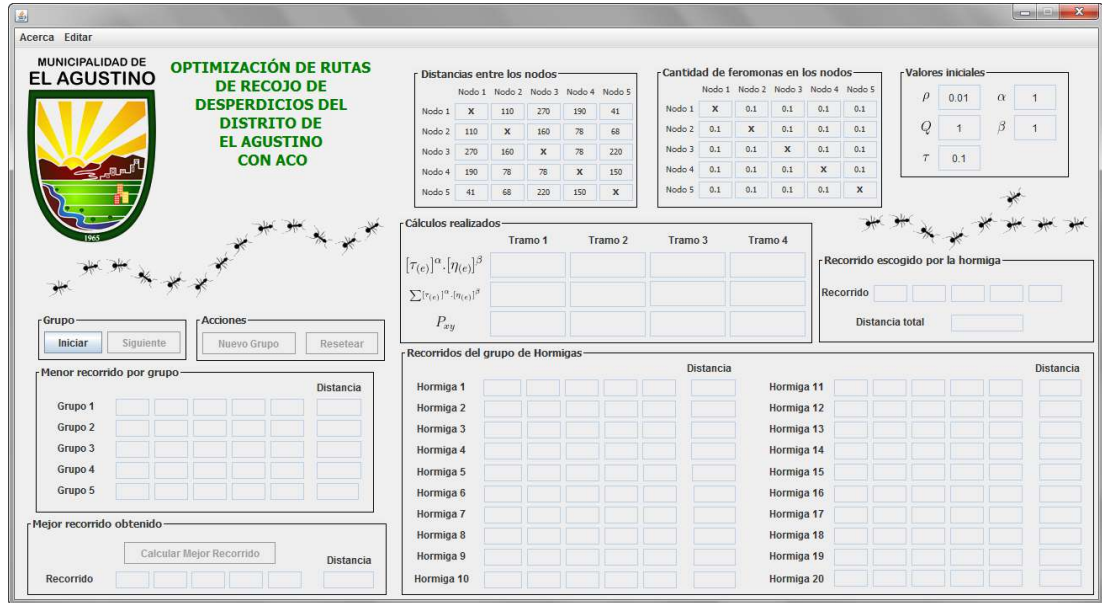
1	2	3	4	5	Distancia
<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>J</b>	<b>297</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5. Recorrido N° 5 de Villa Hermosa

#### a. Ingreso de Datos

Figura 70: Ingresando datos Recorrido N° 5



Fuente: Elaboración propia

#### b. Análisis de Datos

Tabla 185: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 5

Distancia	A	B	C	D	E
A	X	110	270	190	41
B	110	X	160	78	68
C	270	160	X	78	220
D	190	78	78	X	150
E	41	68	220	150	X

Fuente: Elaboración propia

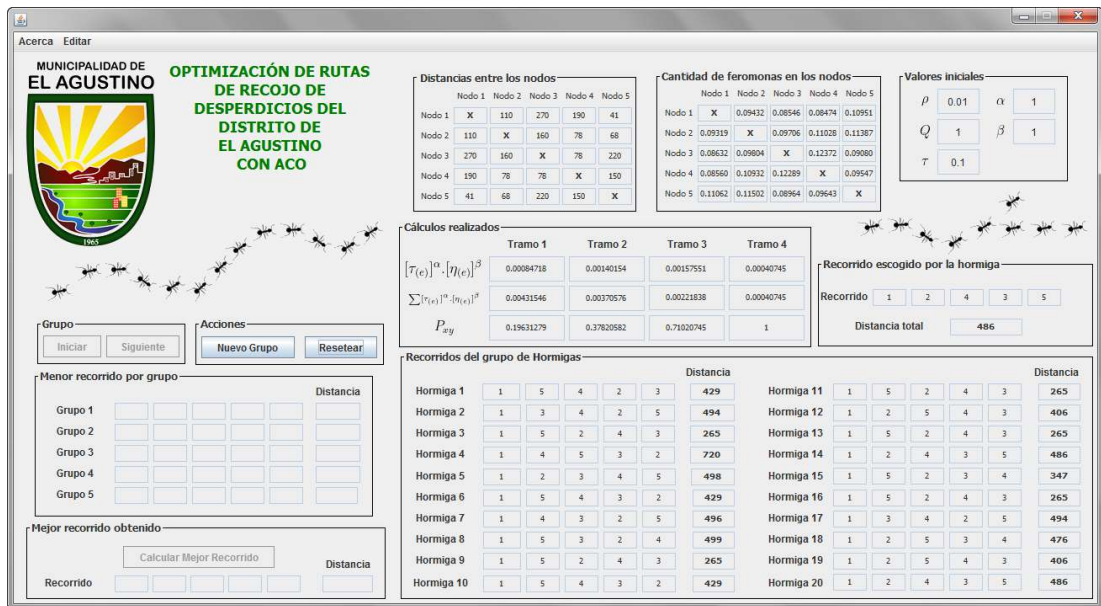
Tabla 186: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 5

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia



Figura 71: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5



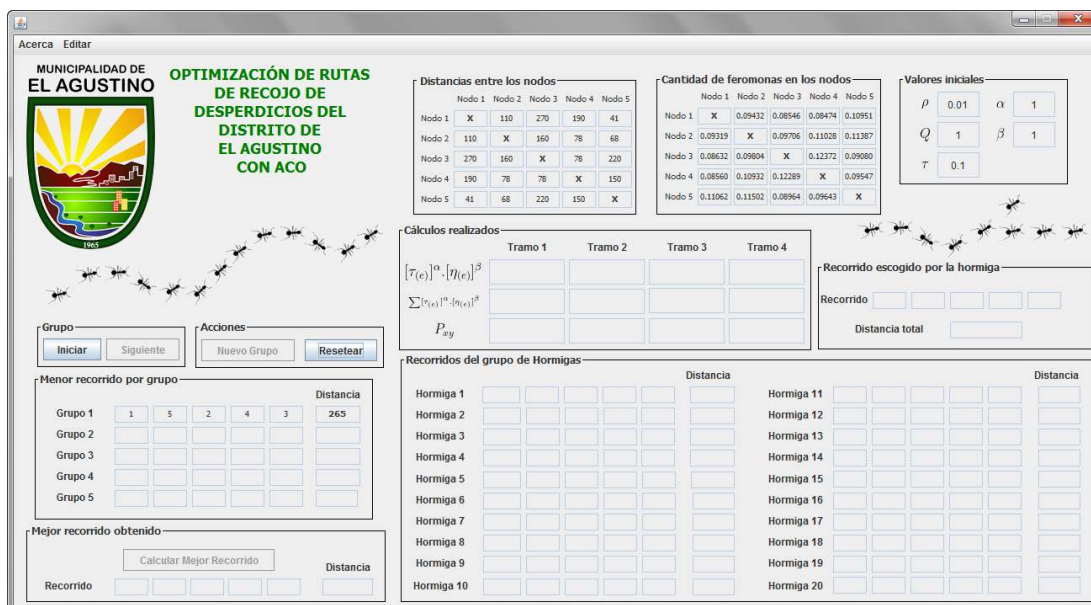
Fuente: Elaboración propia

Tabla 187: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	2	3	<b>429</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	2	5	<b>494</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	5	3	2	<b>720</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>498</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	2	5	<b>496</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	3	2	4	<b>499</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	4	2	5	<b>494</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	5	3	4	<b>476</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 72: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5



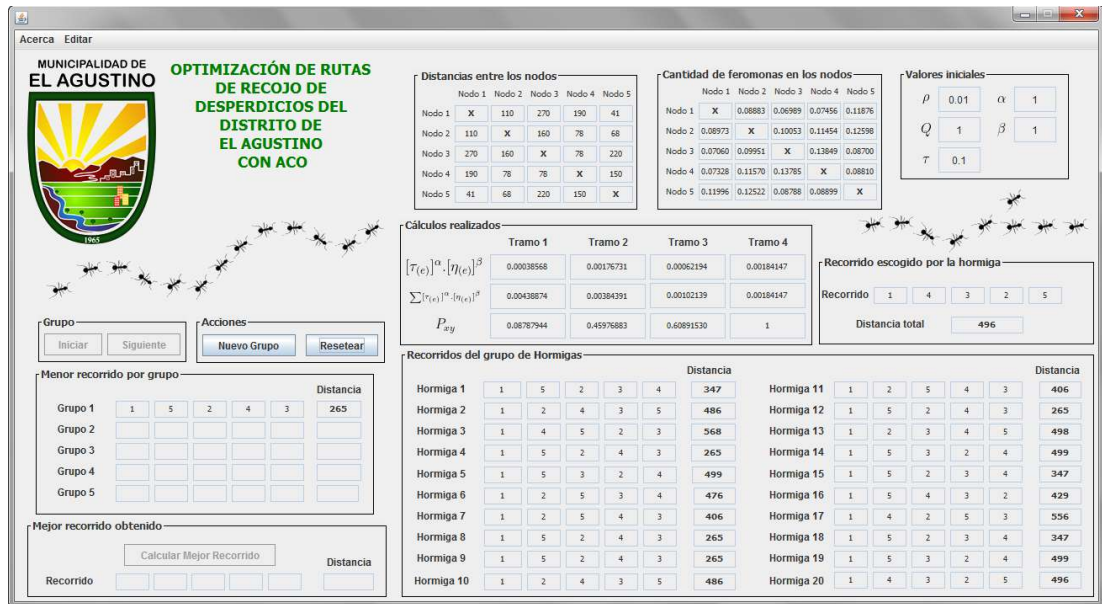
Fuente: Elaboración propia

Tabla 188: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 5

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 73: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5**



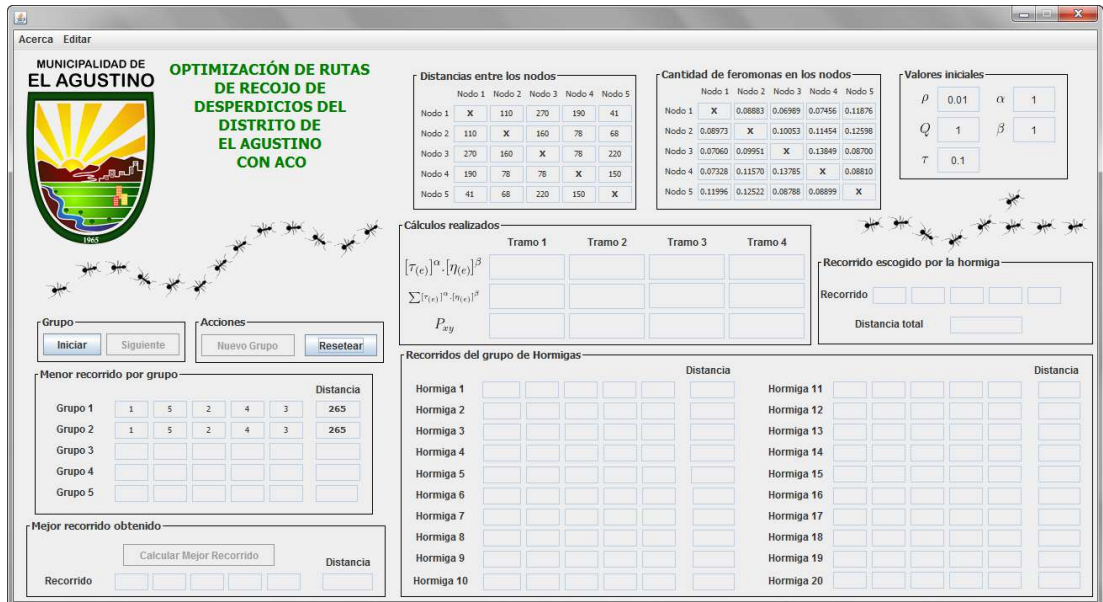
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 189: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	5	2	3	<b>568</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	3	2	4	<b>499</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	3	4	<b>476</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>498</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	2	4	<b>499</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	2	5	3	<b>556</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	3	2	4	<b>499</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	3	2	5	<b>496</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 74: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5



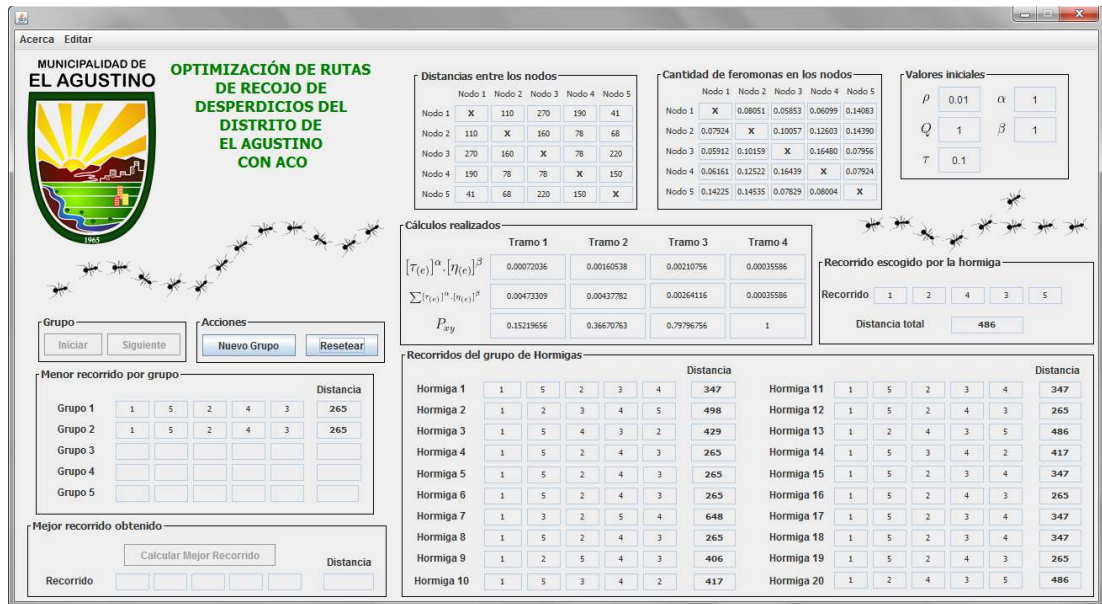
Fuente: Elaboración propia

Tabla 190: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 5

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 75: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5**



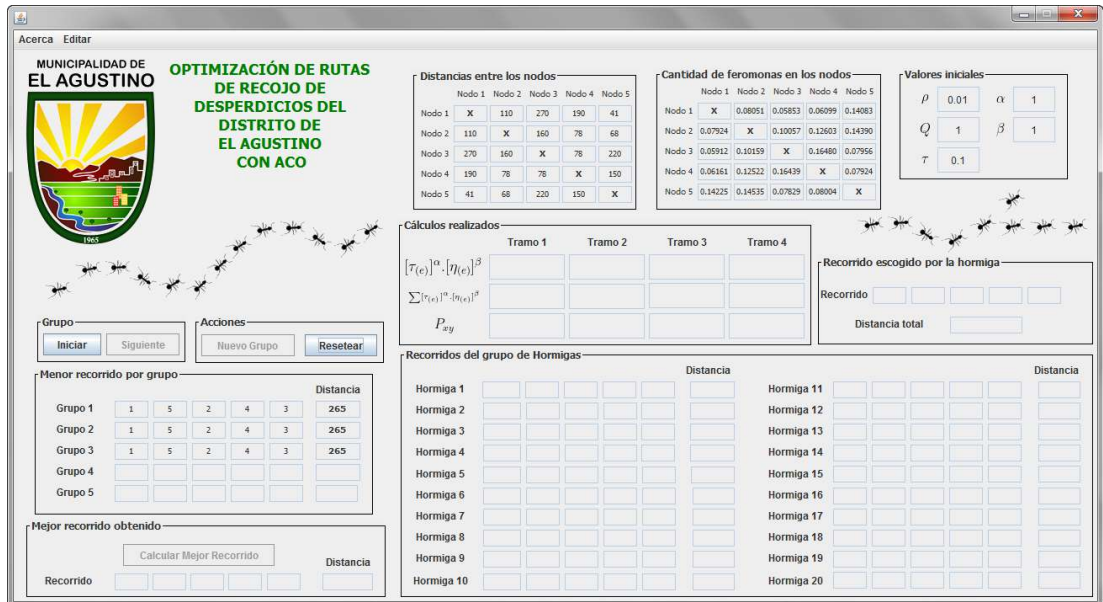
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 191: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>498</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	2	5	4	<b>648</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	3	4	2	<b>417</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	4	2	<b>417</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 76: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5



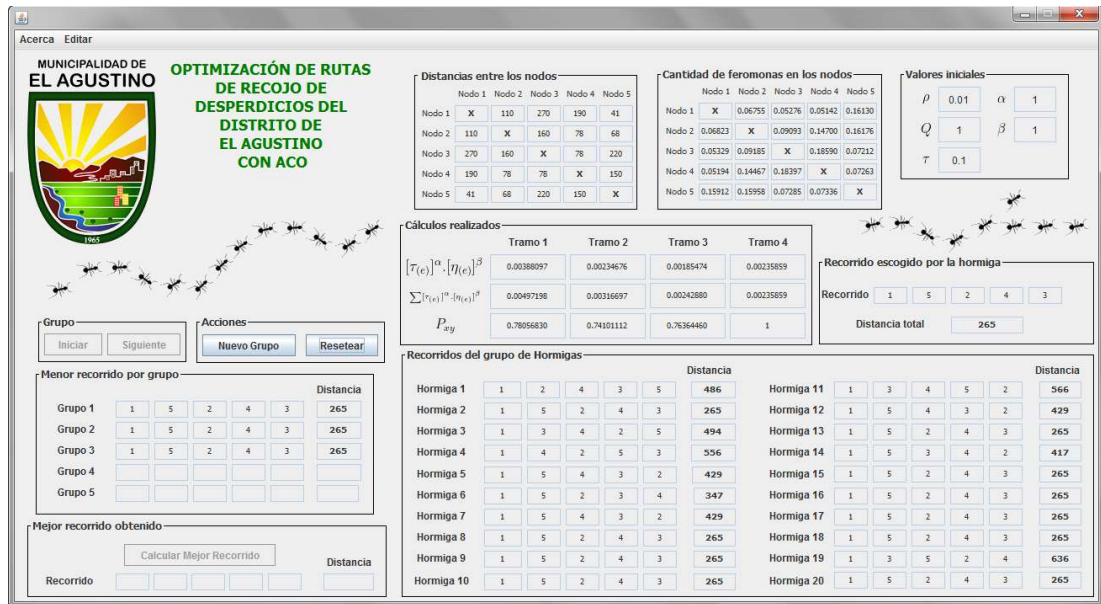
Fuente: Elaboración propia

Tabla 192: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 5

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 77: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 5



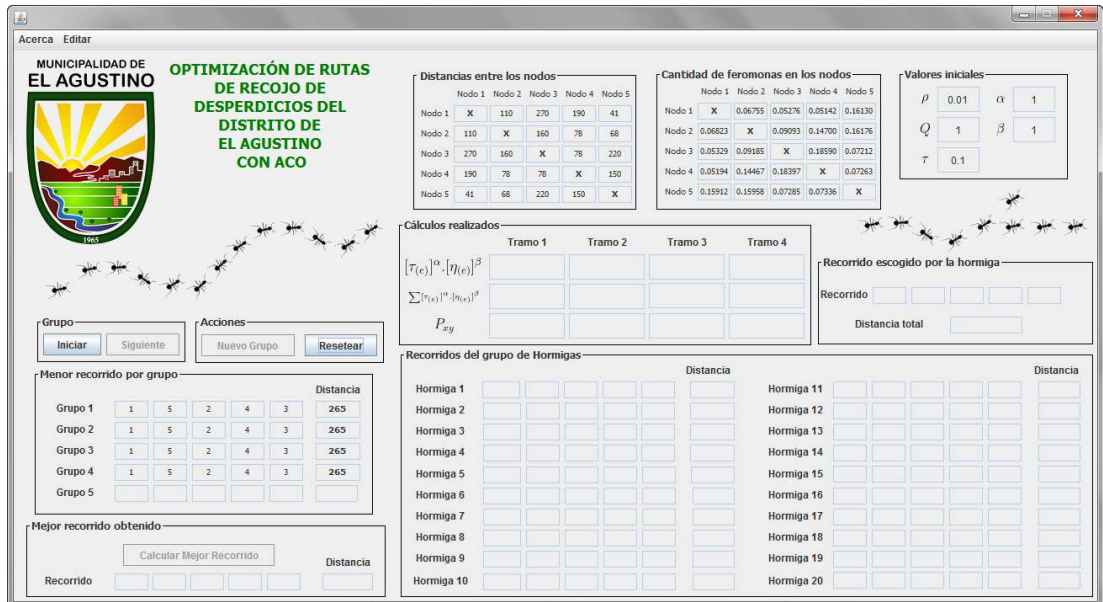
Fuente: Elaboración propia

Tabla 193: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 5

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	4	2	5	<b>494</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	2	5	3	<b>556</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	4	5	2	<b>566</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	4	2	<b>417</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	2	4	<b>636</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 78: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 5



Fuente: Elaboración propia

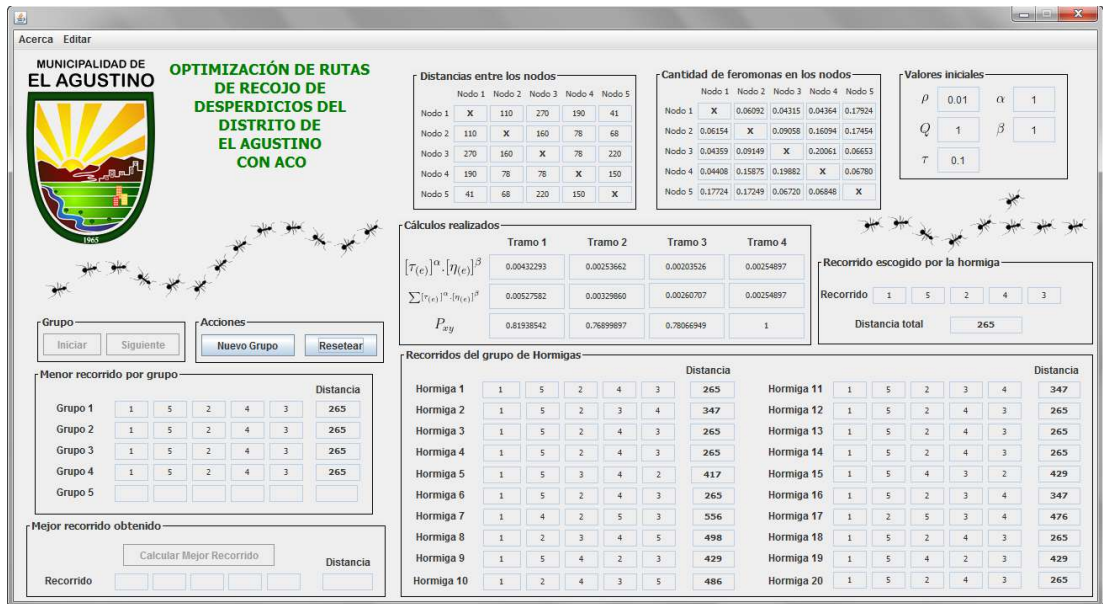
Tabla 194: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 5

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



**Figura 79: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5**



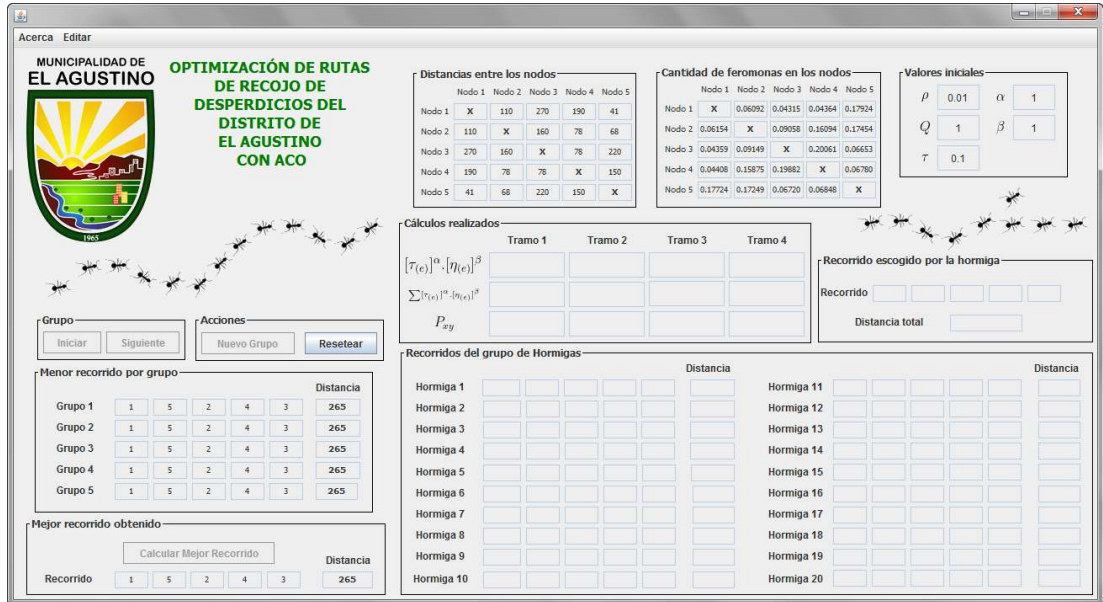
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 195: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	3	4	2	<b>417</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	2	5	3	<b>556</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>498</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>429</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	3	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	3	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	3	4	<b>476</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>429</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 80: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 196: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 5**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>
<b>Grupo 5</b>	1	5	2	4	3	<b>265</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 197: Mejor recorrido - Recorrido N° 5**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>265</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 2 anteriormente descritos (recorrido 4 y recorrido 5), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

**Tabla 198: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 2**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Recorrido 4</b>	E	F	G	H	J	<b>297</b>
<b>Recorrido 5</b>	E	F	G	H	I	<b>265</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 199: Mejor recorrido – Sección N° 2**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>265</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.6. Recorrido N° 6 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 81: Ingresando datos Recorrido N° 6

**MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO**  
**OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO**

**Distancias entre los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	400	450	190	280
Nodo 2	400	X	60	210	89
Nodo 3	450	60	X	270	150
Nodo 4	190	210	270	X	120
Nodo 5	280	89	150	120	X

**Cantidad de feromonas en los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

**Valores iniciales**

$\rho$  0.01     $\alpha$  1  
 $Q$  1     $\beta$  1  
 $\tau$  0.1

**Cálculos realizados**

Tramo 1    Tramo 2    Tramo 3    Tramo 4

$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$P_{xy}$

**Registros del grupo de Hormigas**

Hormiga	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Distancia
Hormiga 1					
Hormiga 2					
Hormiga 3					
Hormiga 4					
Hormiga 5					
Hormiga 6					
Hormiga 7					
Hormiga 8					
Hormiga 9					
Hormiga 10					
Hormiga 11					
Hormiga 12					
Hormiga 13					
Hormiga 14					
Hormiga 15					
Hormiga 16					
Hormiga 17					
Hormiga 18					
Hormiga 19					
Hormiga 20					

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 200: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 6

Distancia	I	J	K	E'	F'
I	X	400	450	190	280
J	400	X	60	210	89
K	450	600	X	270	150
E'	190	210	270	X	120
F'	280	89	150	120	X

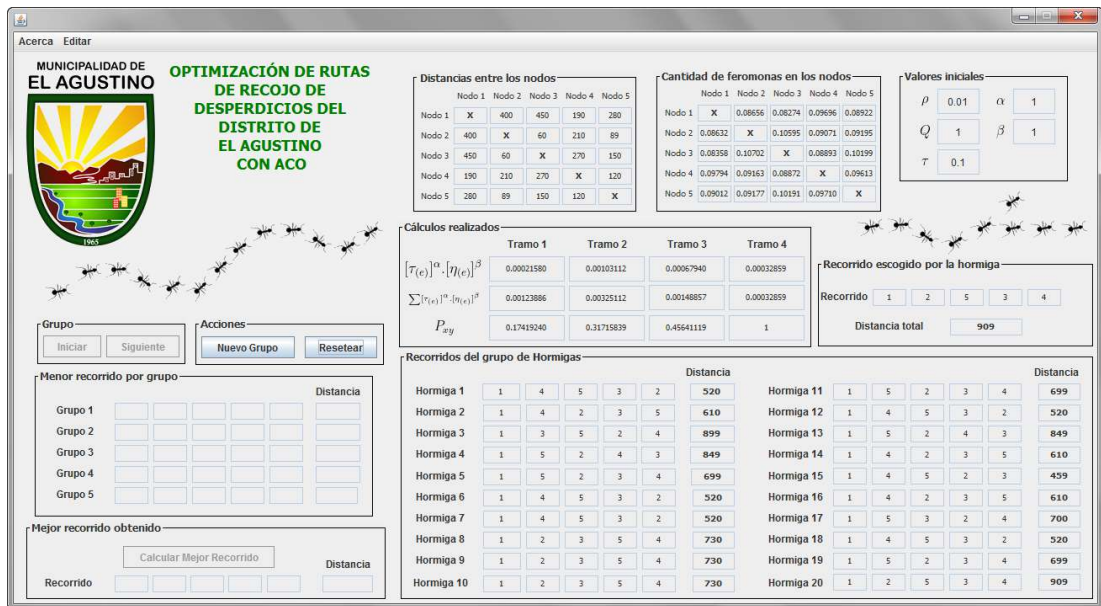
Fuente: Elaboración propia

Tabla 201: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 6

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 82: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6**



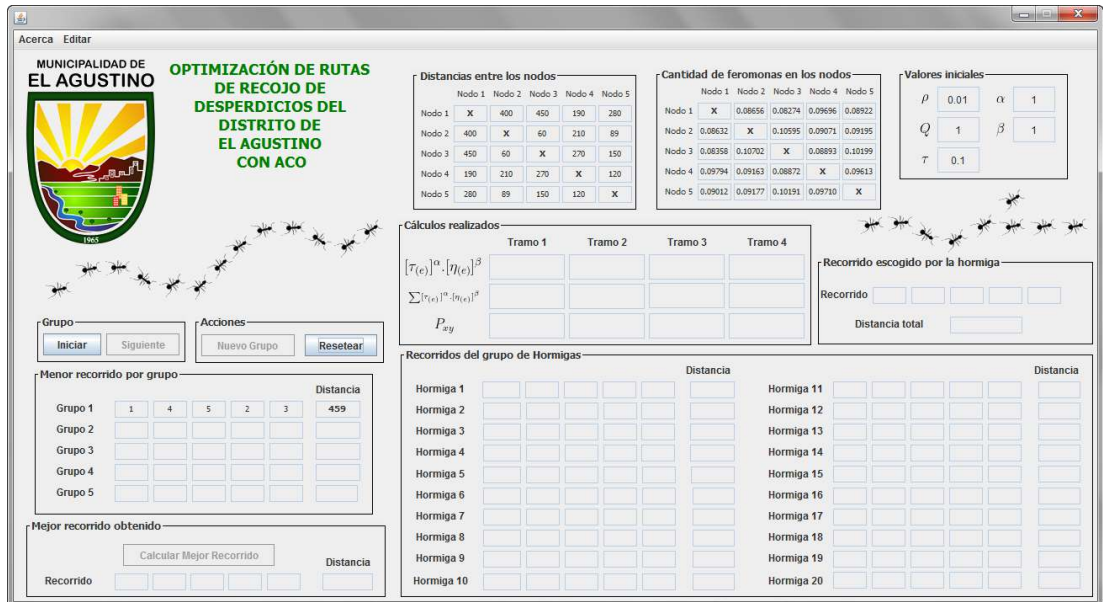
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 202: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	5	2	4	<b>899</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	4	3	<b>849</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	4	3	<b>849</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>700</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	3	4	<b>909</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 83: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6



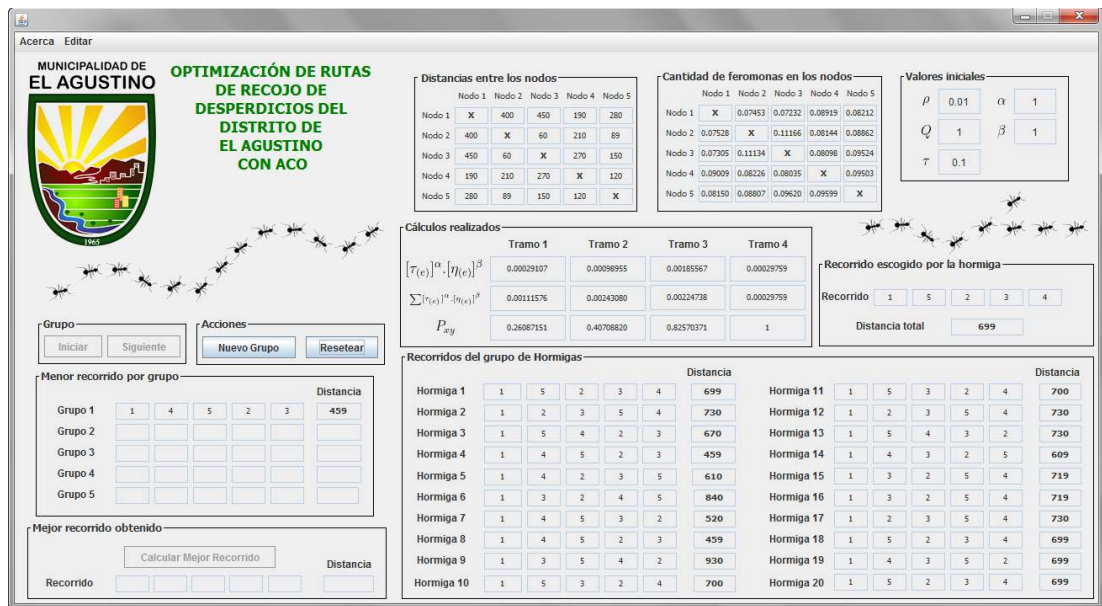
Fuente: Elaboración propia

Tabla 203: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 6

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 84: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6**



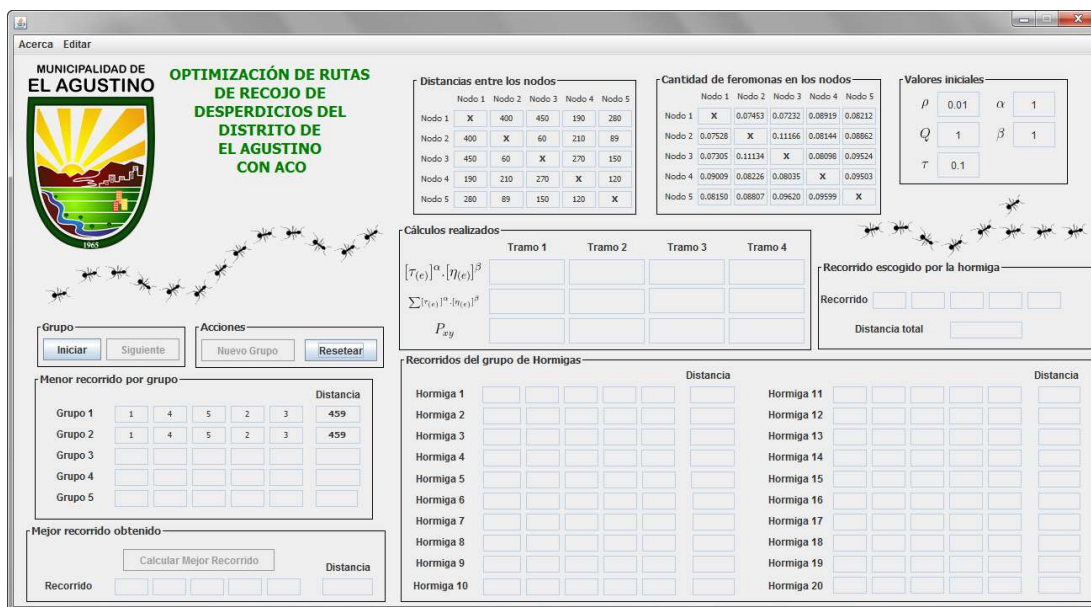
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 204: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>670</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	4	5	<b>840</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	5	4	2	<b>930</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	3	2	4	<b>700</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	3	2	4	<b>700</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	3	2	<b>730</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	3	2	5	<b>609</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	5	4	<b>719</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	5	4	<b>719</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	3	5	2	<b>699</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 85: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6



Fuente: Elaboración propia

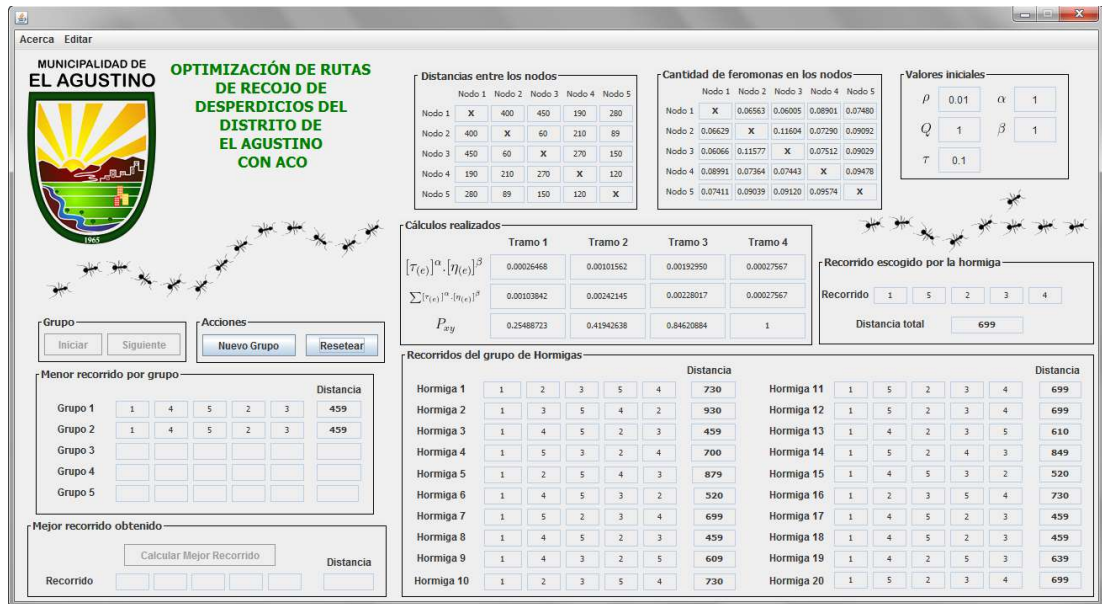
Tabla 205: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 6

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Figura 86: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6



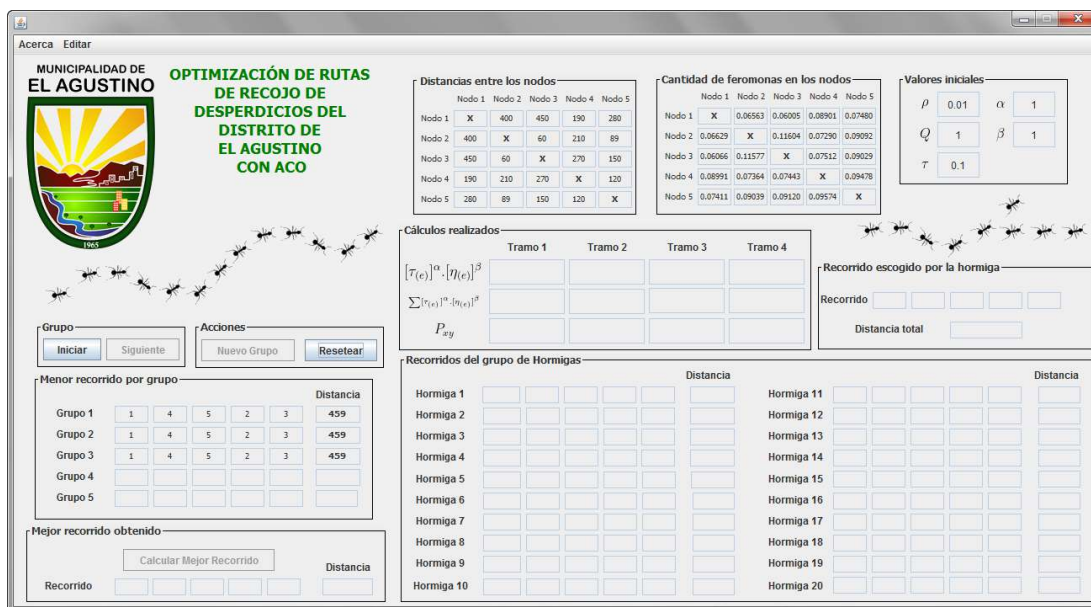
Fuente: Elaboración propia

Tabla 206: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	5	4	2	<b>930</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	2	4	<b>700</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	4	3	<b>879</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	3	2	5	<b>609</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	4	3	<b>849</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	5	3	<b>639</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 87: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6



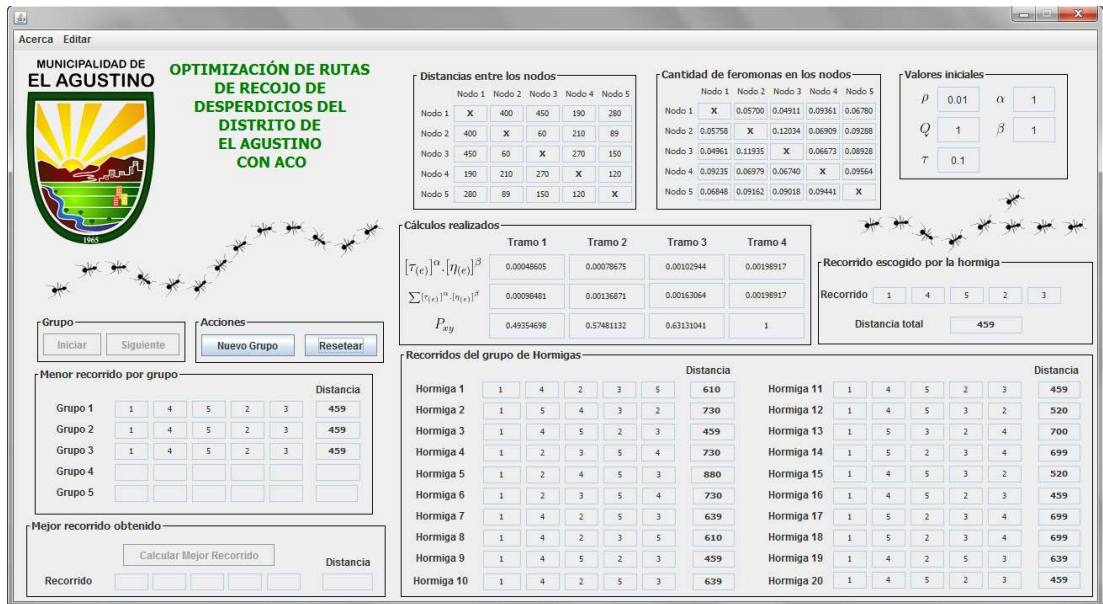
Fuente: Elaboración propia

Tabla 207: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 6

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 3</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 88: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 6**



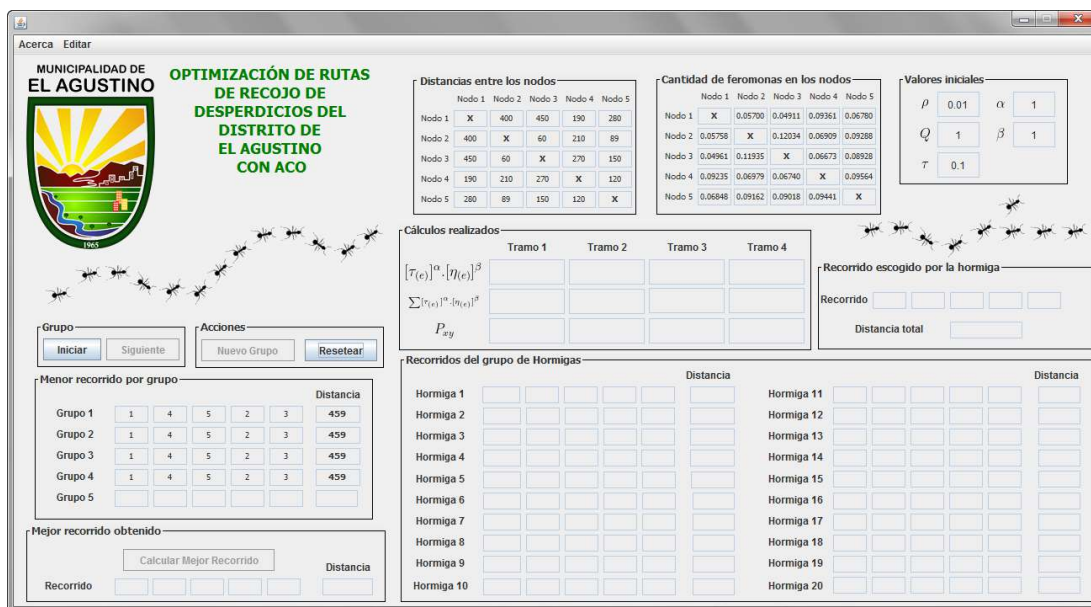
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 208: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 6**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	3	2	<b>730</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	5	3	<b>880</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	2	5	3	<b>639</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	2	5	3	<b>639</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	2	4	<b>700</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	5	3	<b>639</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 89: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 6



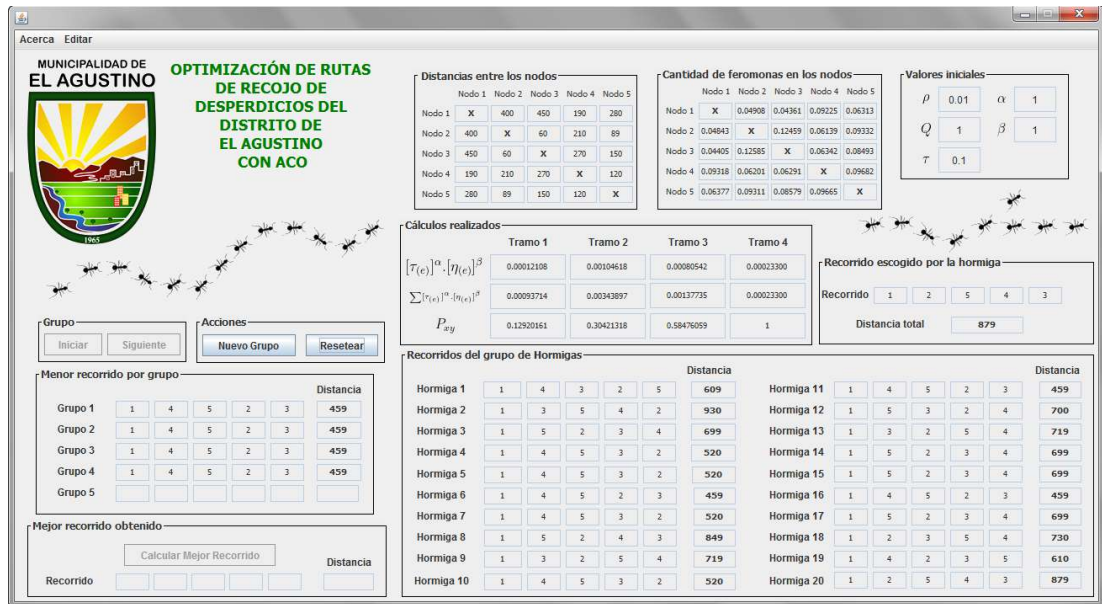
Fuente: Elaboración propia

Tabla 209: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 6

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 3</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 4</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 90: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6**



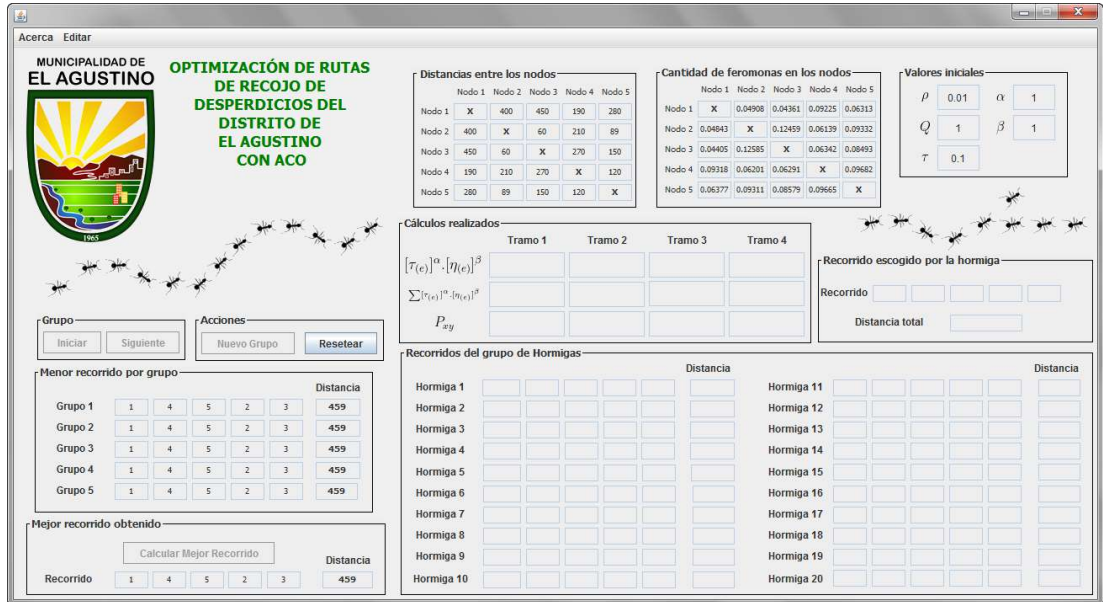
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 210: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	3	2	5	<b>609</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	5	4	2	<b>930</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	4	3	<b>849</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	5	4	<b>719</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	5	3	2	<b>520</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	3	2	4	<b>700</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	5	4	<b>719</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	2	3	4	<b>699</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	3	5	<b>610</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	4	3	<b>879</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 91: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 211: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 6**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 2</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 3</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 4</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>
<b>Grupo 5</b>	1	4	5	2	3	<b>459</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 212: Mejor recorrido - Recorrido N° 6**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>I</b>	<b>E'</b>	<b>F'</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>459</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido del anteriormente descrito (recorrido 6).

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

Para este caso particular, existe un solo recorrido, y esto se debe a las restricciones y/o reglas que nos brindó la municipalidad de El Agustino, las cuales deben ser cumplidas cuando se recorren las rutas de recojo de desperdicios. Por lo que para esta ocasión sólo se tiene la tabla con el mejor recorrido para la sección N° 3.

**Tabla 213: Mejor recorrido – Sección N° 3**

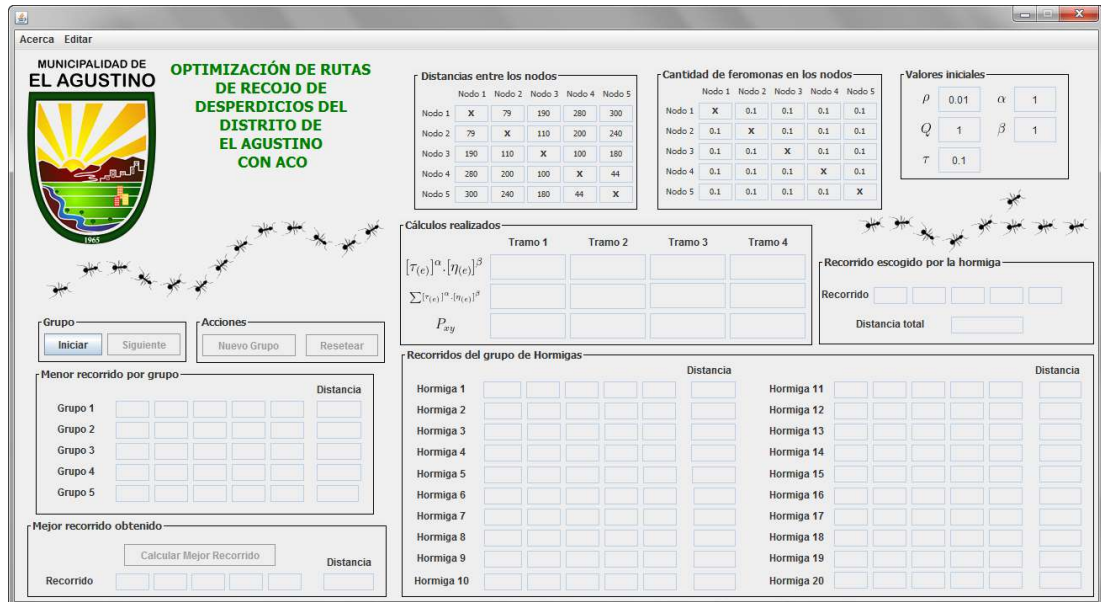
1	2	3	4	5	Distancia
I	E'	F'	J	K	459

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.7. Recorrido N° 7 de Villa Hermosa

#### a. Ingreso de Datos

Figura 92: Ingresando datos Recorrido N° 7



Fuente: Elaboración propia

#### b. Análisis de Datos

Tabla 214: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 7

Distancia	K	L	M	N	T
K	X	79	190	280	300
L	79	X	110	200	240
M	190	110	X	100	180
N	280	200	100	X	44
T	300	240	180	44	X

Fuente: Elaboración propia

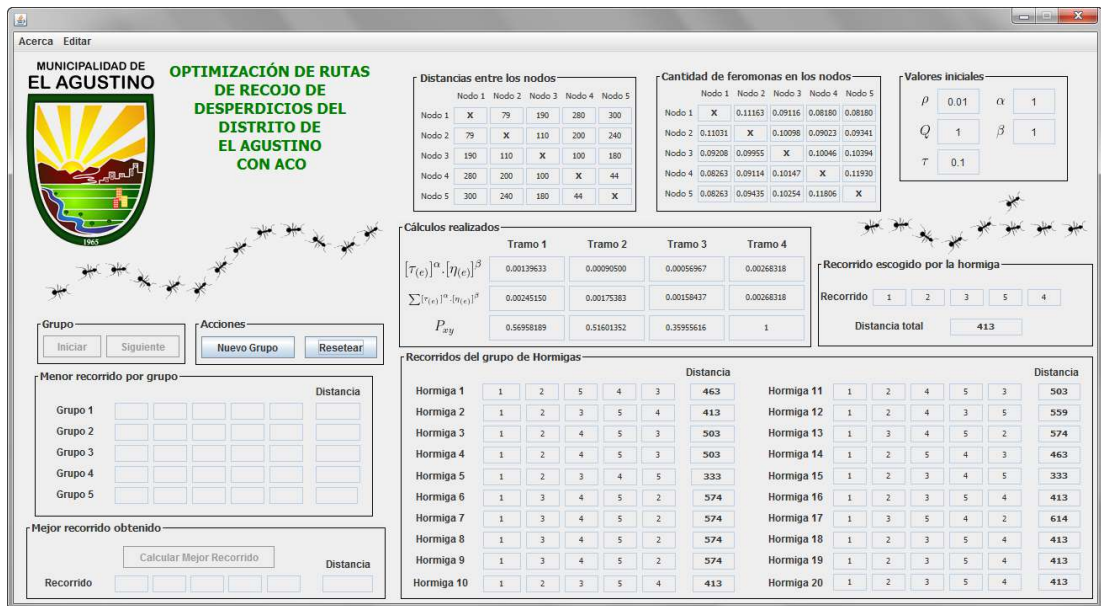
Tabla 215: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 7

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia



**Figura 93: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7**



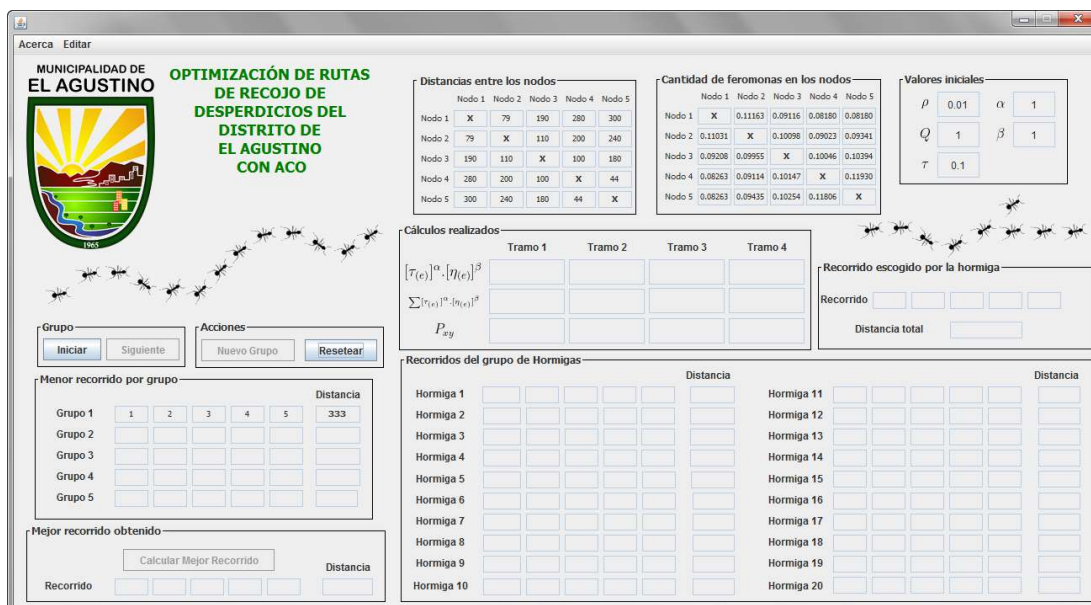
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 216: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	4	3	5	<b>559</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	4	2	<b>614</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 94: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7



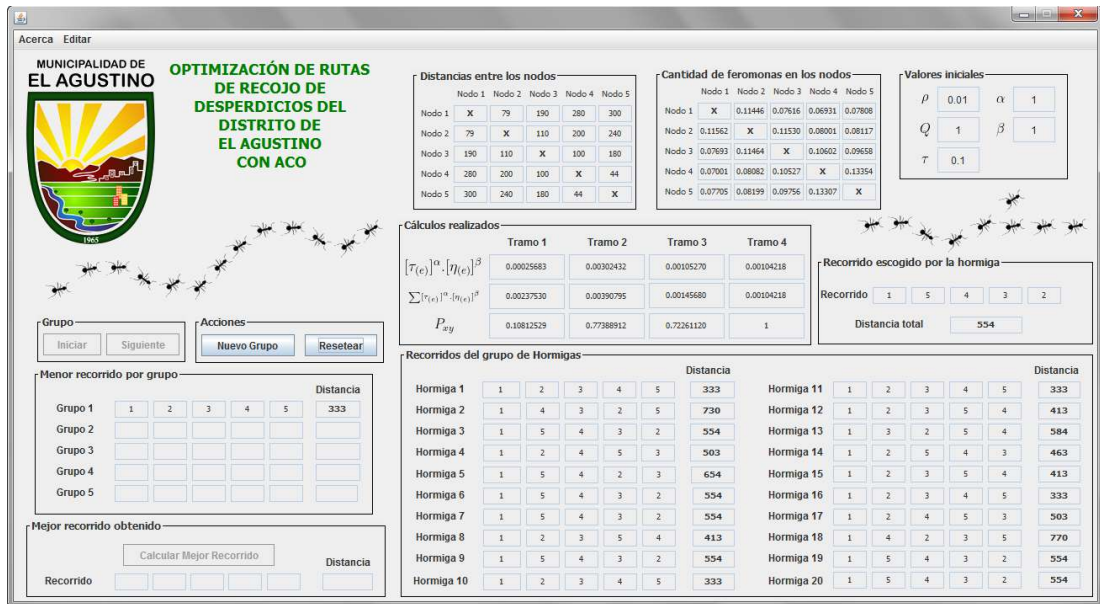
Fuente: Elaboración propia

Tabla 217: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 7

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 95: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7**



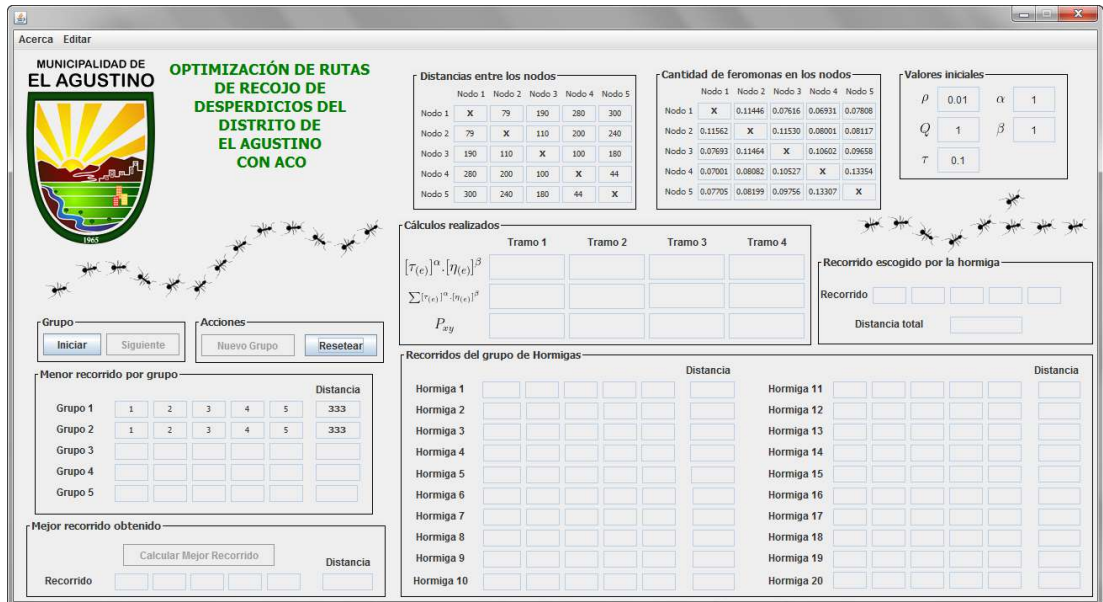
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 218: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	3	2	5	<b>730</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	2	3	<b>654</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	5	4	<b>584</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	2	3	5	<b>770</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 96: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7



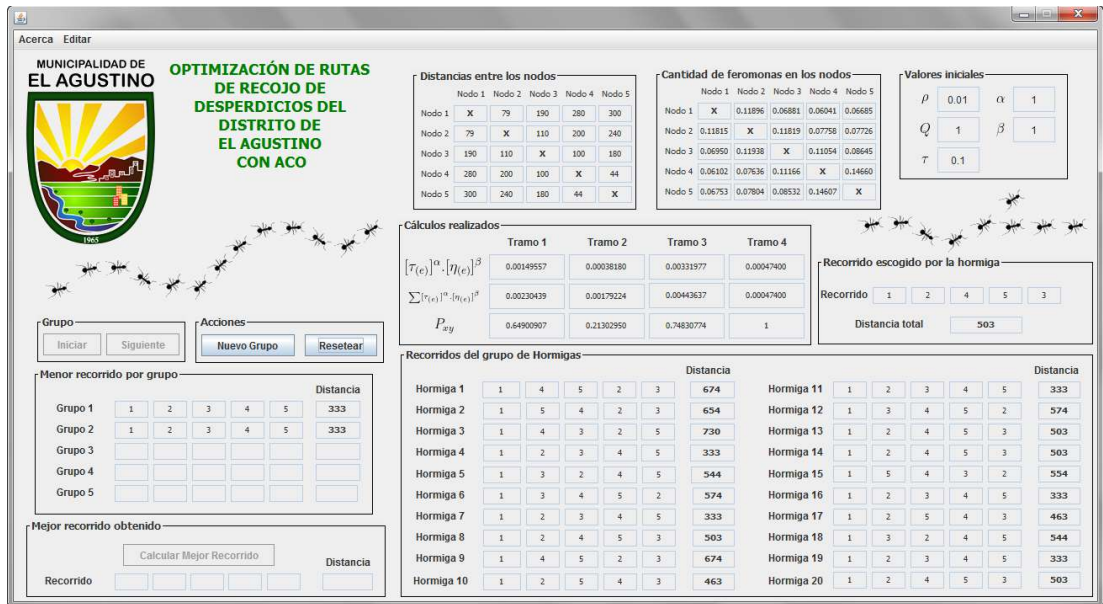
Fuente: Elaboración propia

Tabla 219: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 7

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 97: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7**



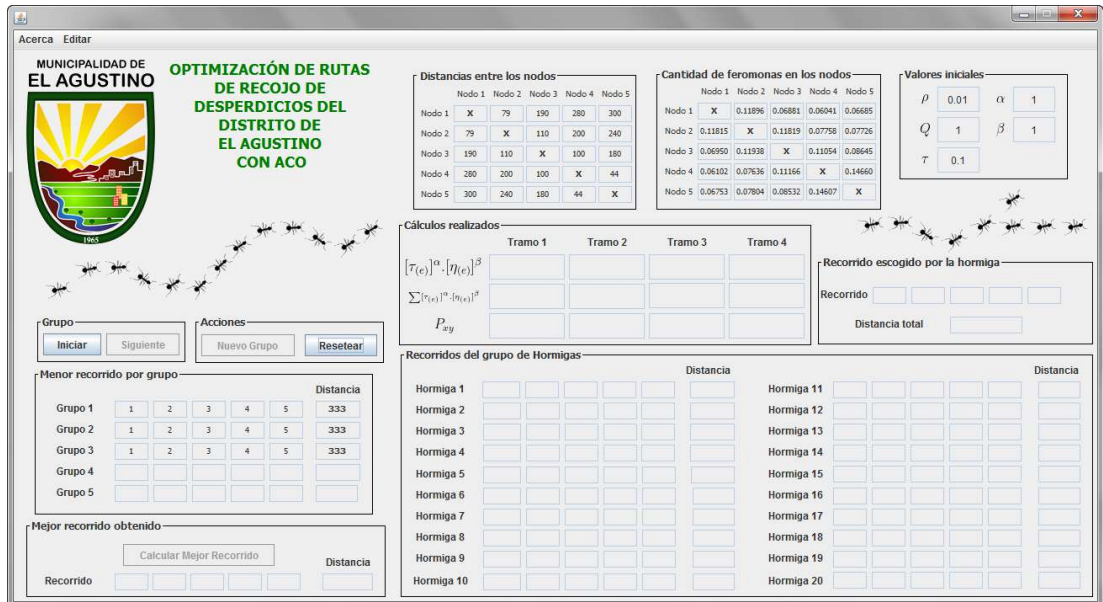
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 220: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	2	3	<b>674</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>654</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	3	2	5	<b>730</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>544</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	2	3	<b>674</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>554</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>544</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 98: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7**



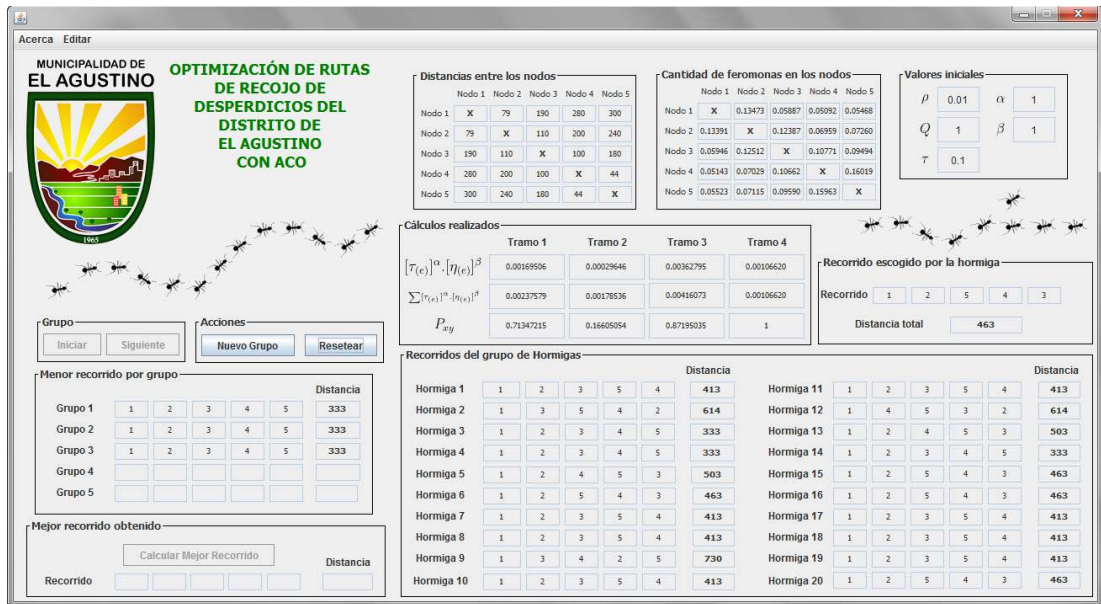
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 221: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 7**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 99: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 7**



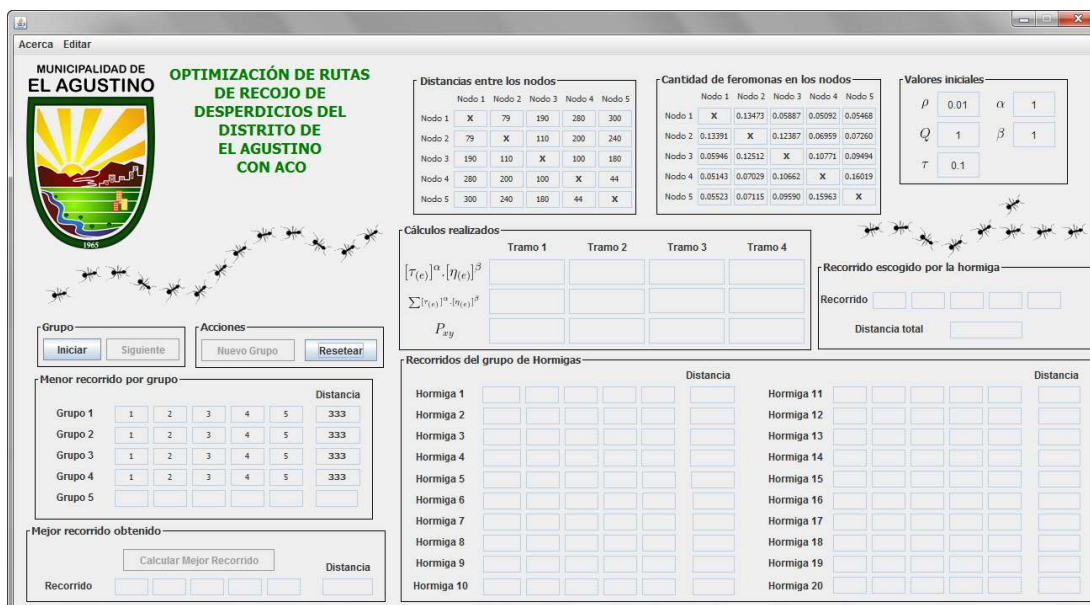
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 222: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 7**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	5	4	2	<b>614</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	2	5	<b>730</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	5	3	2	<b>614</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 100: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 7



Fuente: Elaboración propia

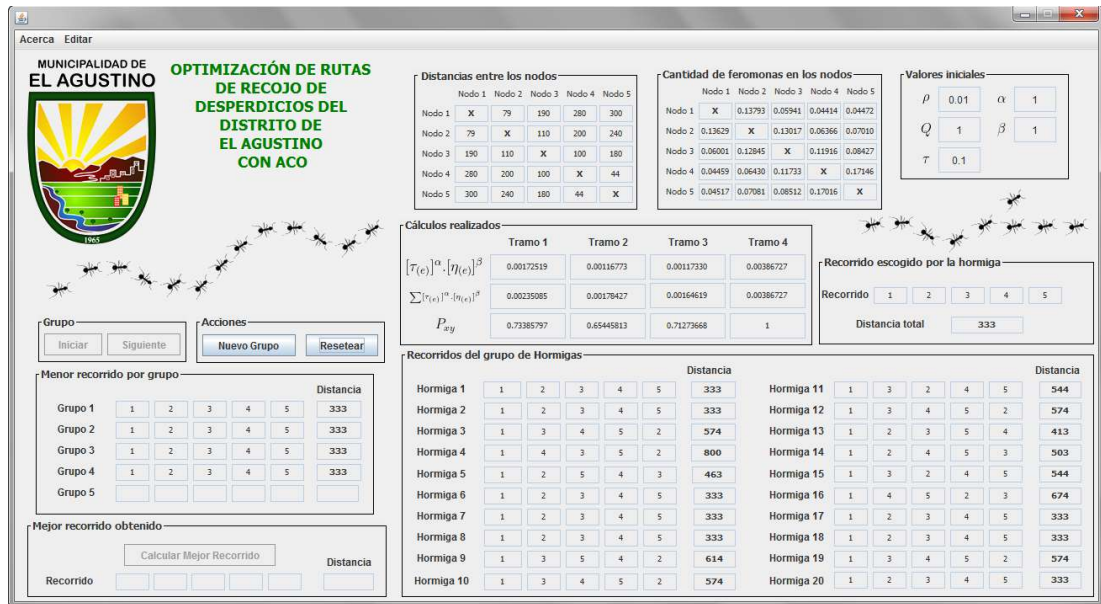
Tabla 223: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 7

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Figura 101: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7



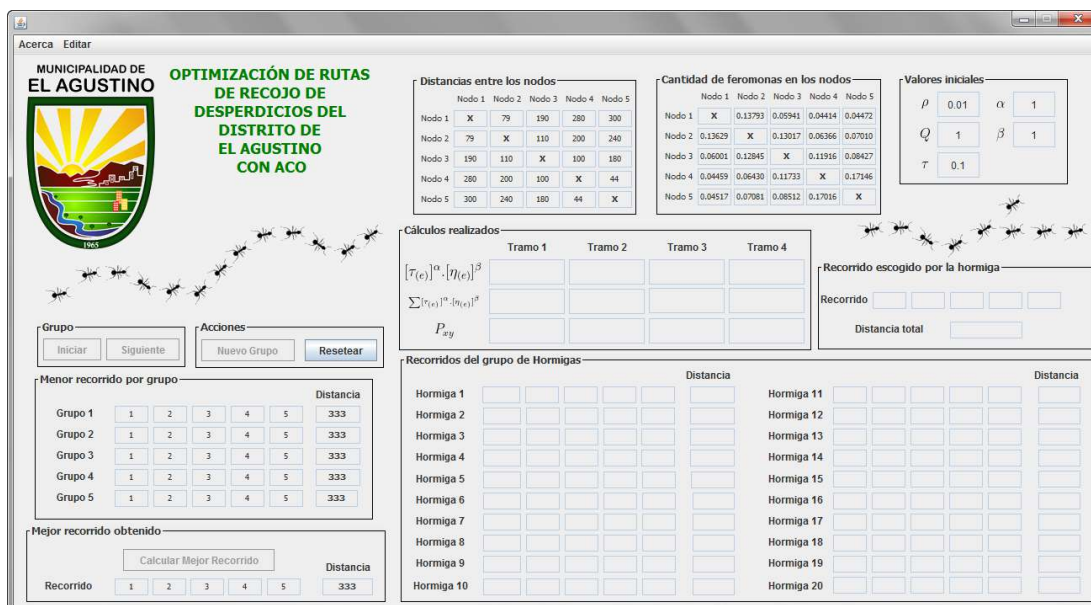
Fuente: Elaboración propia

Tabla 224: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	3	5	2	<b>800</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	4	3	<b>463</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	5	4	2	<b>614</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>544</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>413</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	5	3	<b>503</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>544</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	2	3	<b>674</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	4	5	2	<b>574</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 102: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 225: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 7**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>333</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 226: Mejor recorrido - Recorrido N° 7**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>333</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.8. Recorrido N° 8 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 103: Ingresando datos Recorrido N° 8

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 227: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 8

Distancia	K	L	M	T	U
K	X	79	190	300	300
L	79	X	110	240	230
M	190	110	X	150	190
T	300	240	150	X	40
U	300	230	190	40	X

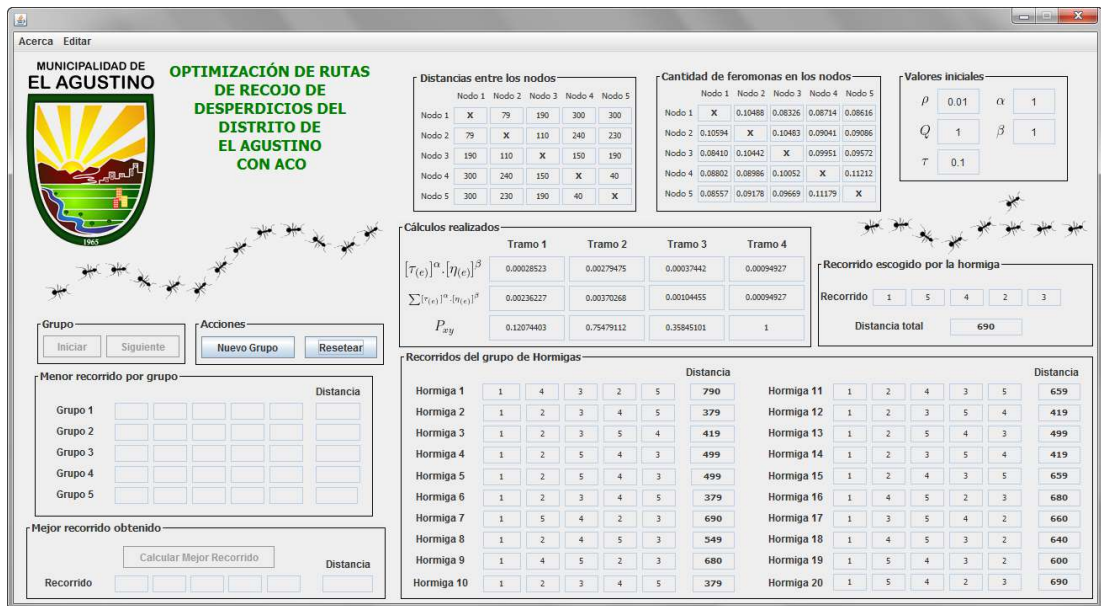
Fuente: Elaboración propia

Tabla 228: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 8

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 104: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8



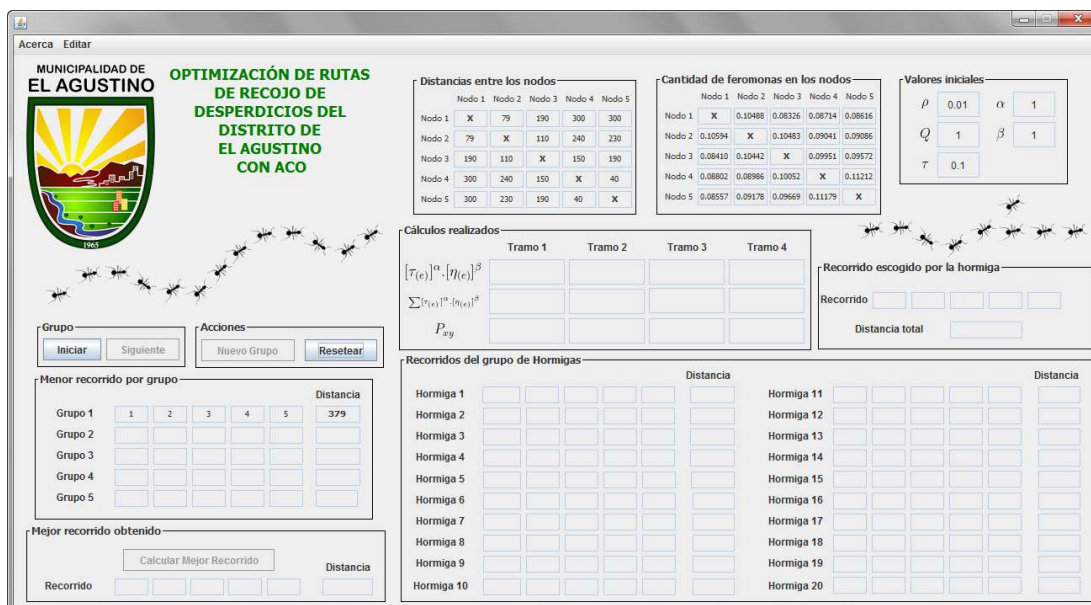
Fuente: Elaboración propia

Tabla 229: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	3	2	5	<b>790</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	2	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	3	5	<b>659</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	3	5	<b>659</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	2	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	4	2	<b>660</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	3	2	<b>640</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 105: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8



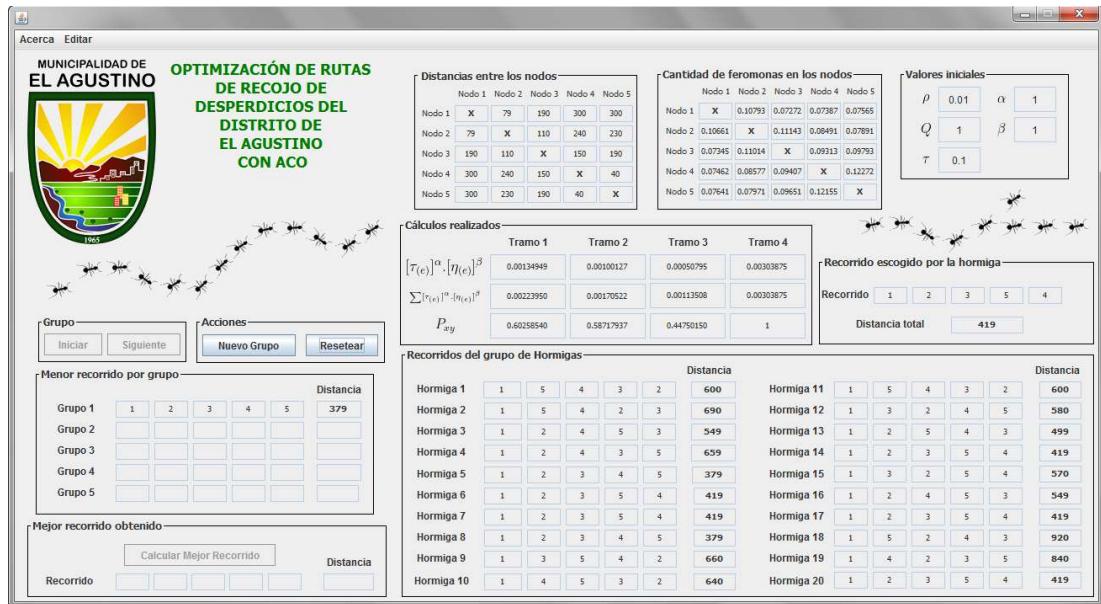
Fuente: Elaboración propia

Tabla 230: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 106: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8



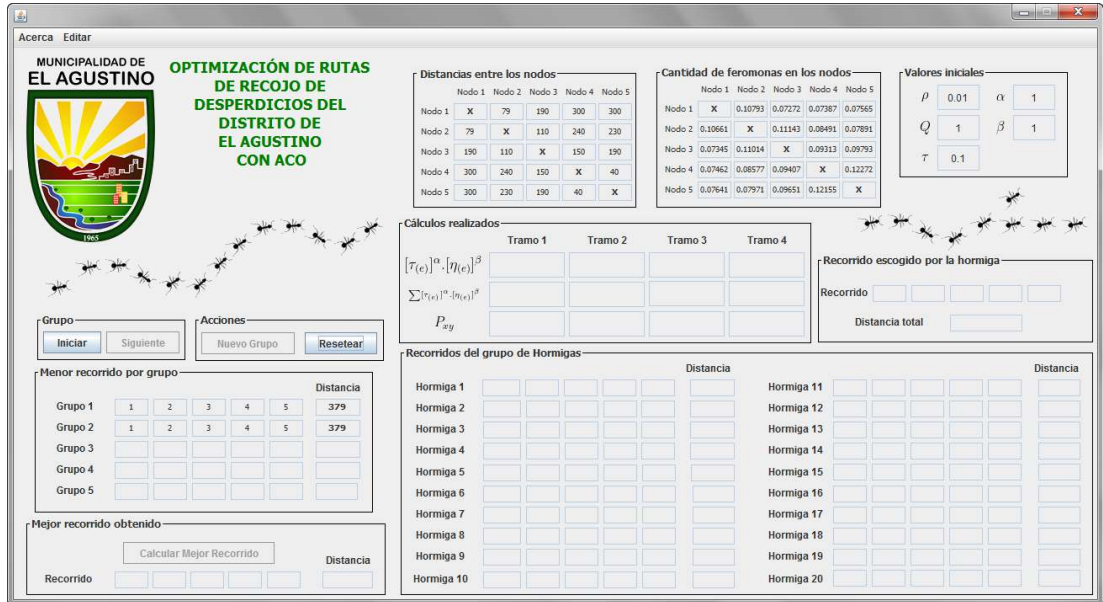
Fuente: Elaboración propia

Tabla 231: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>690</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	3	5	<b>659</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	5	4	2	<b>660</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	5	3	2	<b>640</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	4	3	<b>920</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	3	5	<b>840</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 107: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8



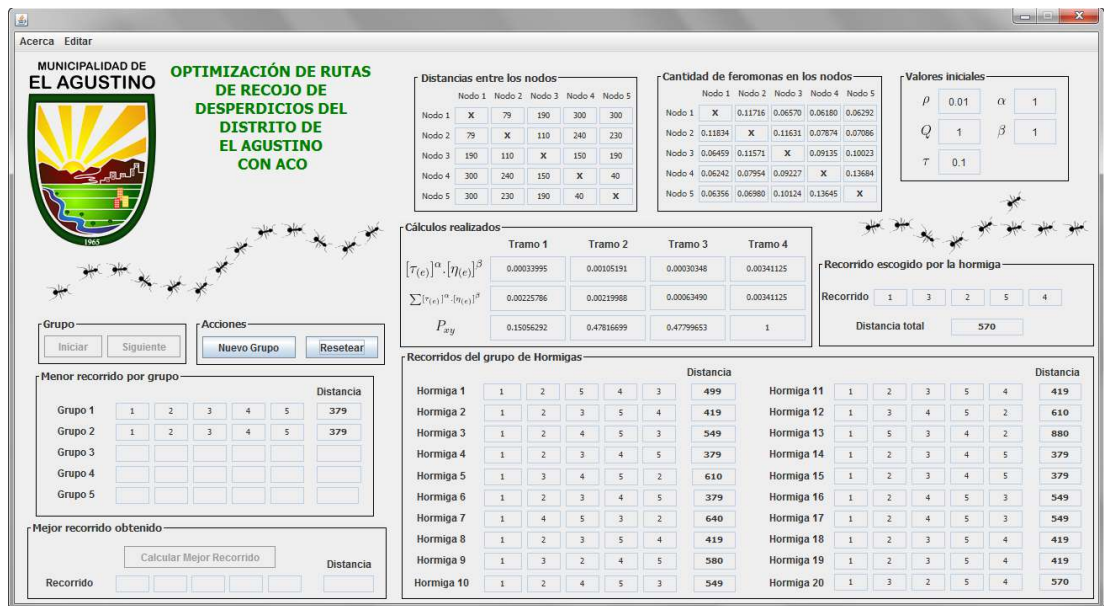
Fuente: Elaboración propia

Tabla 232: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 108: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8



Fuente: Elaboración propia

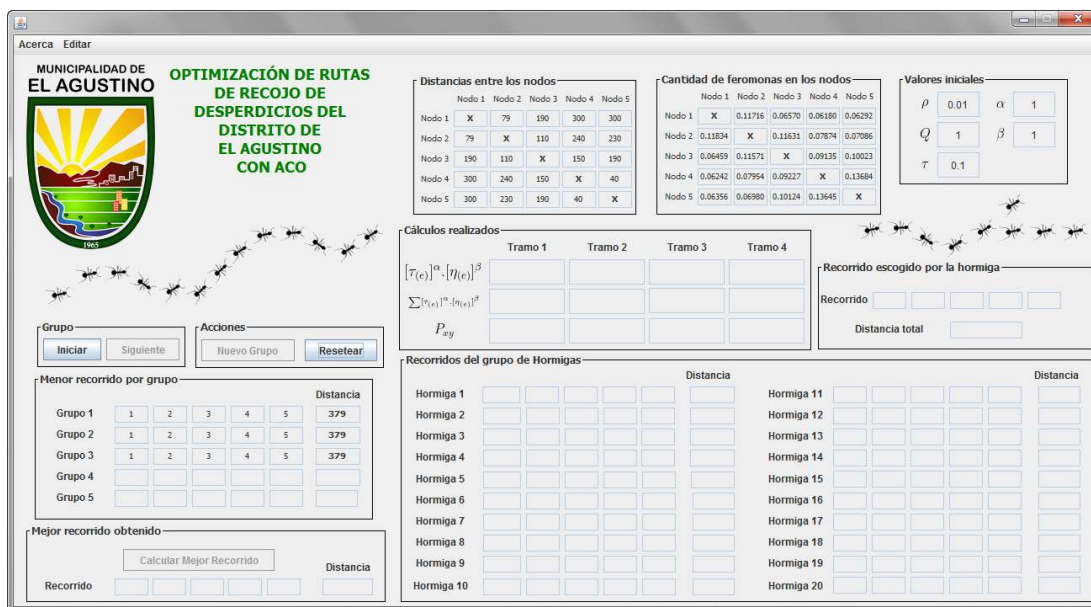
Tabla 233: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	3	2	<b>640</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	4	2	<b>880</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	5	4	<b>570</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 109: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8



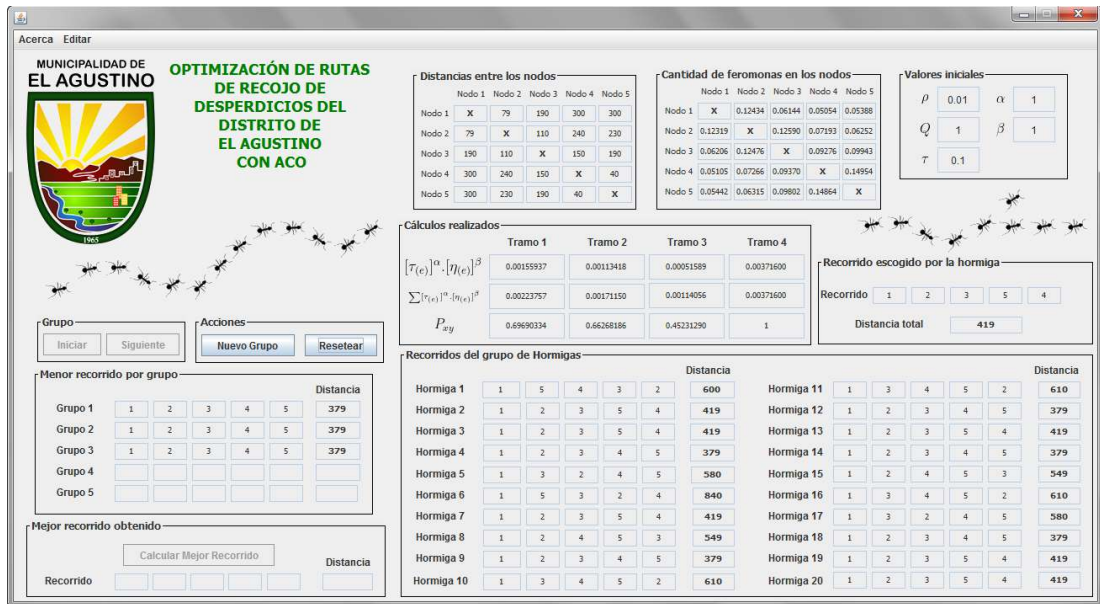
Fuente: Elaboración propia

Tabla 234: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 110: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 8



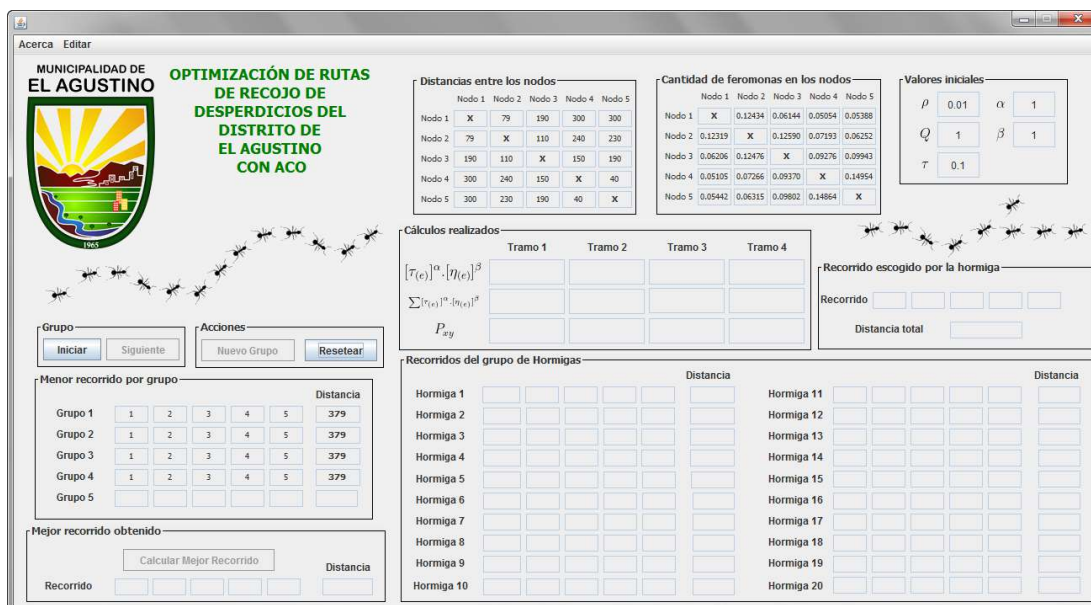
Fuente: Elaboración propia

Tabla 235: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	3	2	4	<b>840</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	5	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 111: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 8



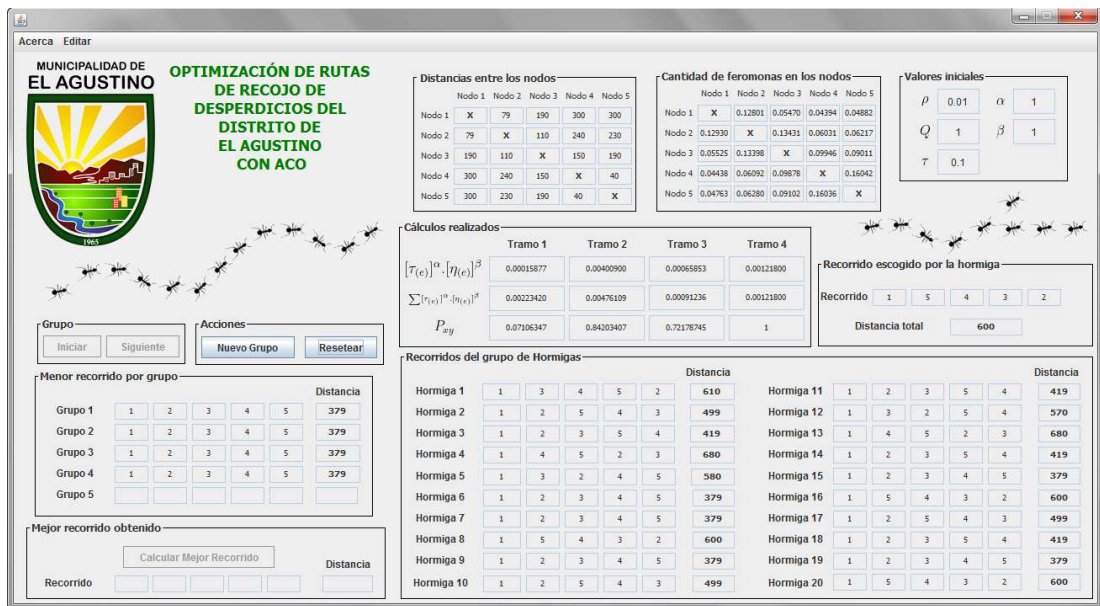
Fuente: Elaboración propia

Tabla 236: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 112: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8



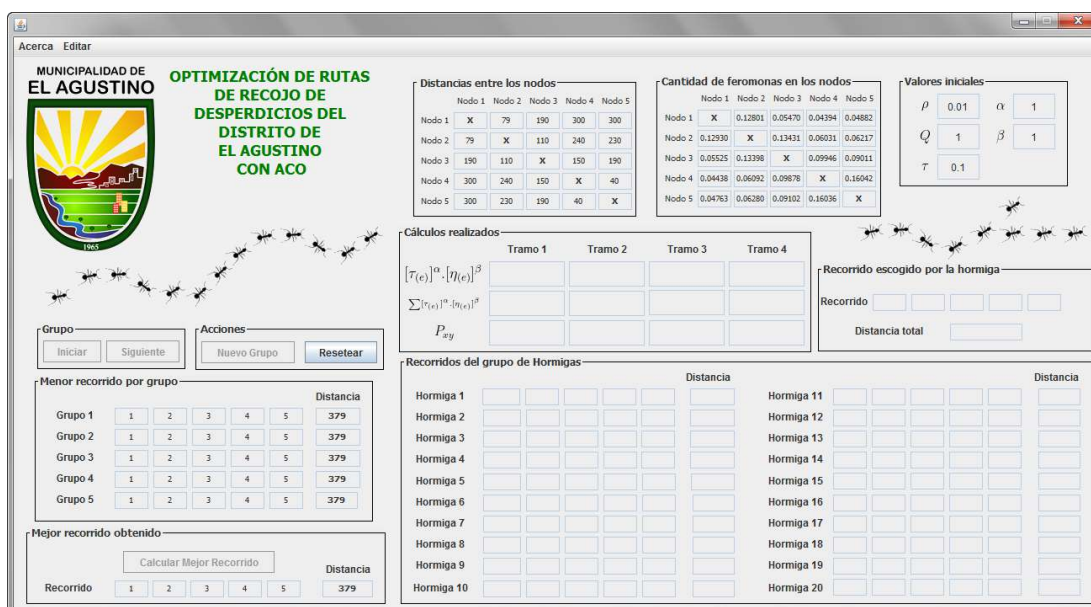
Fuente: Elaboración propia

Tabla 237: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	5	2	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>580</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	5	2	3	<b>680</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>499</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>419</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>600</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 113: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 238: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 8**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>379</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 239: Mejor recorrido - Recorrido N° 8**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>379</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.9. Recorrido N° 9 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 114: Ingresando datos Recorrido N° 9

MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO

OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO

Distancias entre los nodos

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	280	350	190	79
Nodo 2	280	X	70	100	200
Nodo 3	350	70	X	170	260
Nodo 4	190	100	170	X	110
Nodo 5	79	200	260	110	X

Cantidad de feromonas en los nodos

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

Valores iniciales

$\rho$  0.01  $\alpha$  1

$Q$  1  $\beta$  1

$\tau$  0.1

Cálculos realizados

Tramo 1 Tramo 2 Tramo 3 Tramo 4

$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$P_{xy}$

Recorrido escogido por la hormiga

Recorrido

Distancia total

Menor recorrido por grupo

Grupo	Distancia
Grupo 1	
Grupo 2	
Grupo 3	
Grupo 4	
Grupo 5	

Mejor recorrido obtenido

Calcular Mejor Recorrido

Recorrido

Registros del grupo de Hormigas

Hormiga	Distancia	Hormiga	Distancia
Hormiga 1		Hormiga 11	
Hormiga 2		Hormiga 12	
Hormiga 3		Hormiga 13	
Hormiga 4		Hormiga 14	
Hormiga 5		Hormiga 15	
Hormiga 6		Hormiga 16	
Hormiga 7		Hormiga 17	
Hormiga 8		Hormiga 18	
Hormiga 9		Hormiga 19	
Hormiga 10		Hormiga 20	

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 240: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 9

Distancia	K	N	O	M	L
K	X	280	350	190	79
N	280	X	70	100	200
O	350	70	X	170	260
M	190	100	170	X	110
L	79	200	260	110	X

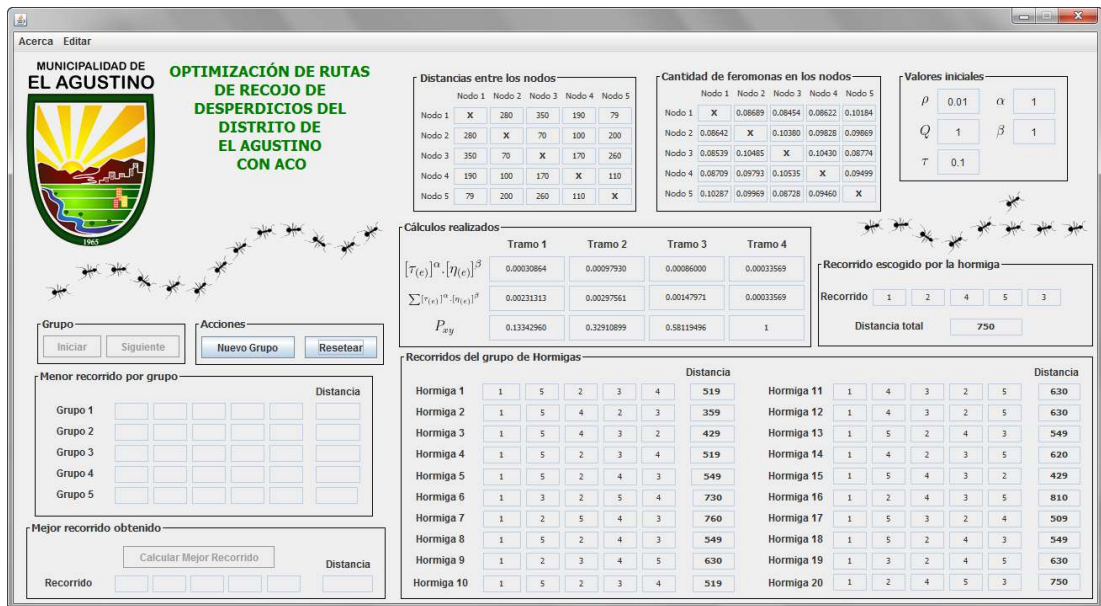
Fuente: Elaboración propia

Tabla 241: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 9

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 115: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9



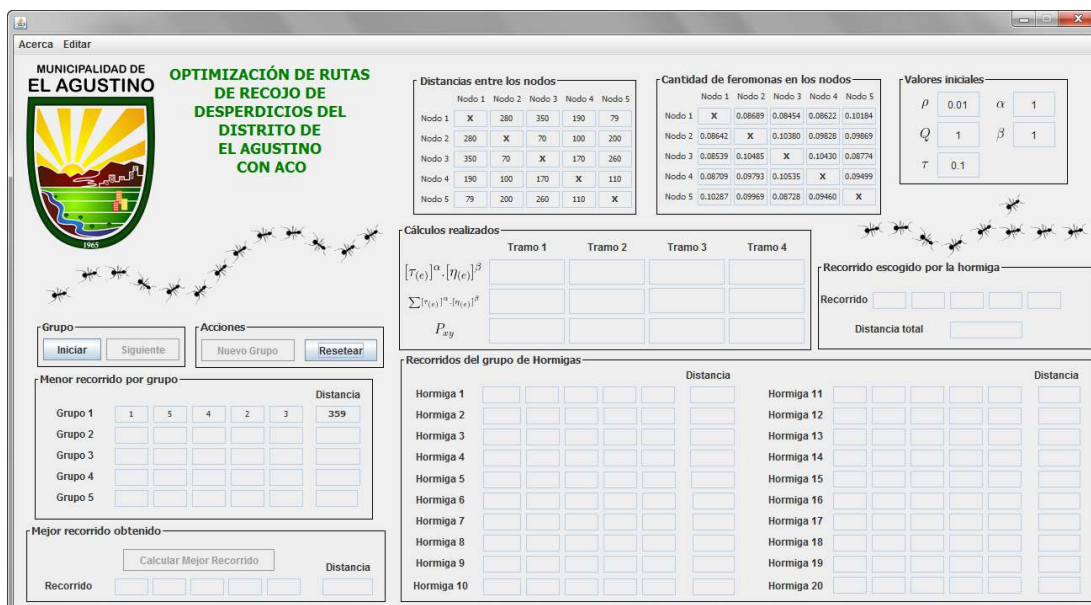
Fuente: Elaboración propia

Tabla 242: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	5	4	3	<b>760</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	3	5	<b>810</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>509</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	5	3	<b>750</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 116: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9



Fuente: Elaboración propia

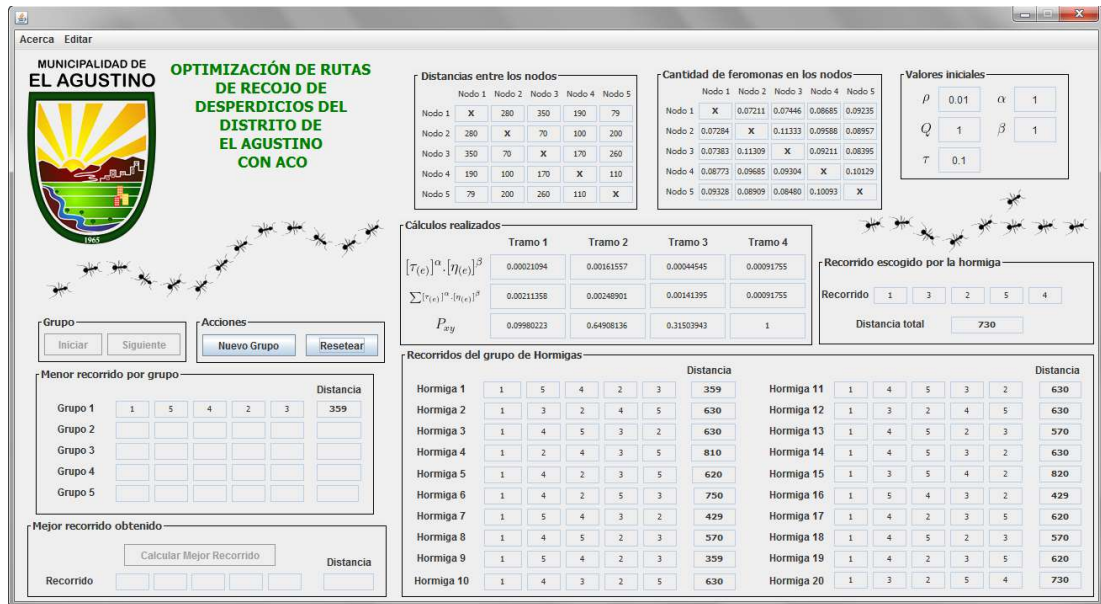
Tabla 243: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Figura 117: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9



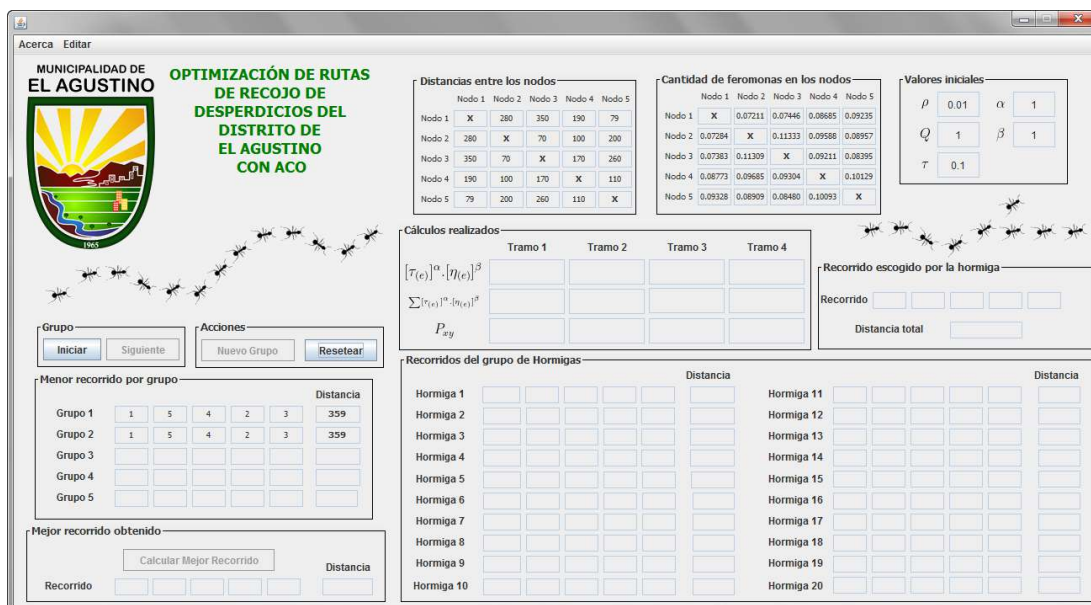
Fuente: Elaboración propia

Tabla 244: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	5	3	2	<b>630</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	3	5	<b>810</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	2	5	3	<b>750</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	5	2	3	<b>570</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	5	3	2	<b>630</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	5	2	3	<b>570</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	5	3	2	<b>630</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	5	4	2	<b>820</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	2	3	<b>570</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	5	4	<b>730</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 118: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9



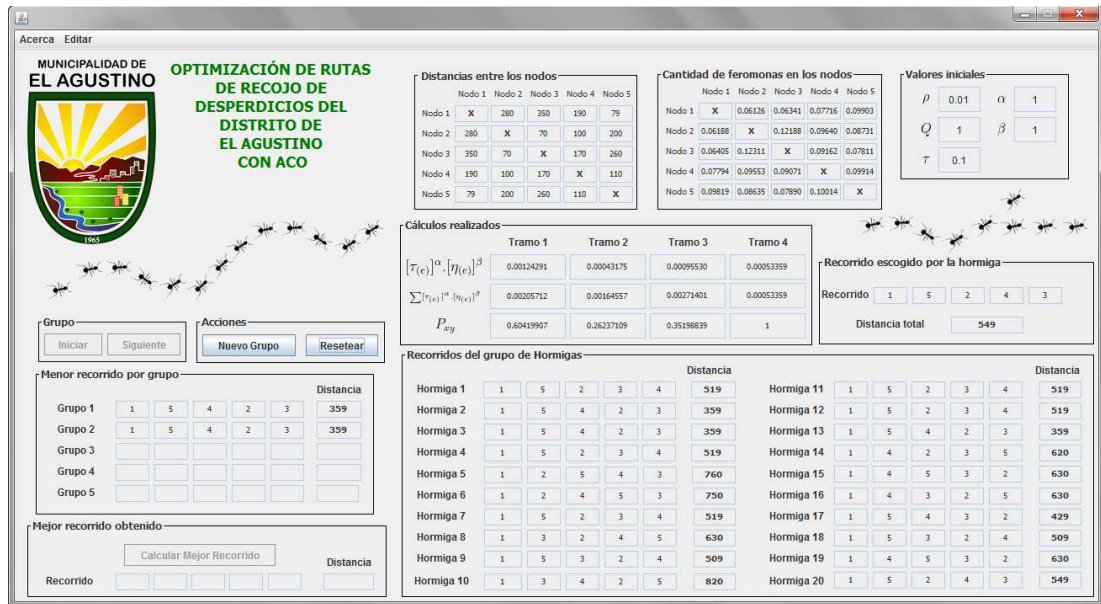
Fuente: Elaboración propia

Tabla 245: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 119: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9



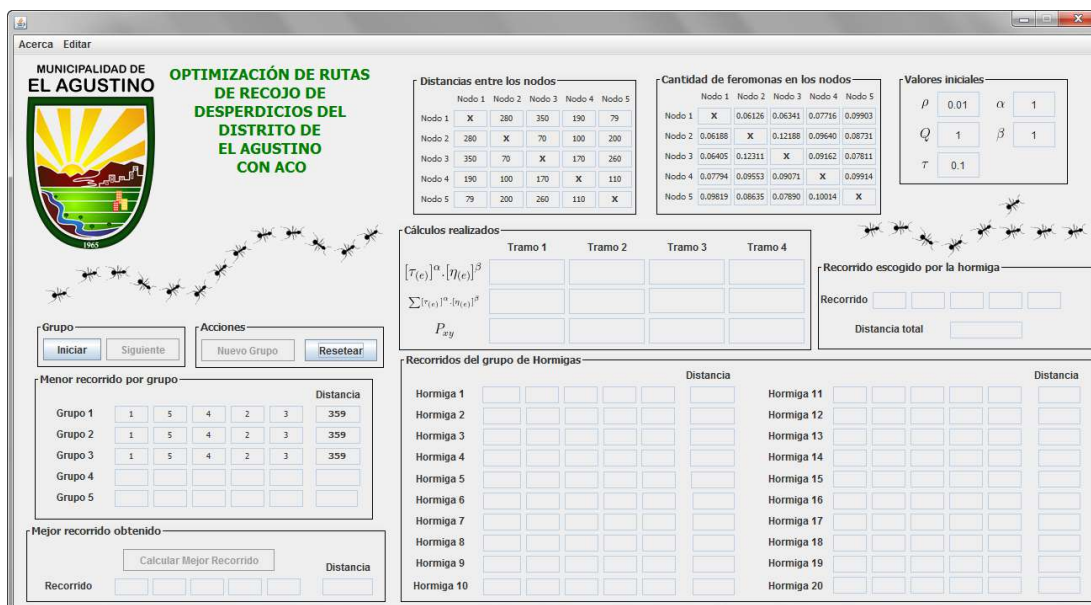
Fuente: Elaboración propia

Tabla 246: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	4	3	<b>760</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	5	3	<b>750</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	3	2	4	<b>509</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	2	5	<b>820</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	5	3	2	<b>630</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	2	4	<b>509</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	5	3	2	<b>630</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 120: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9



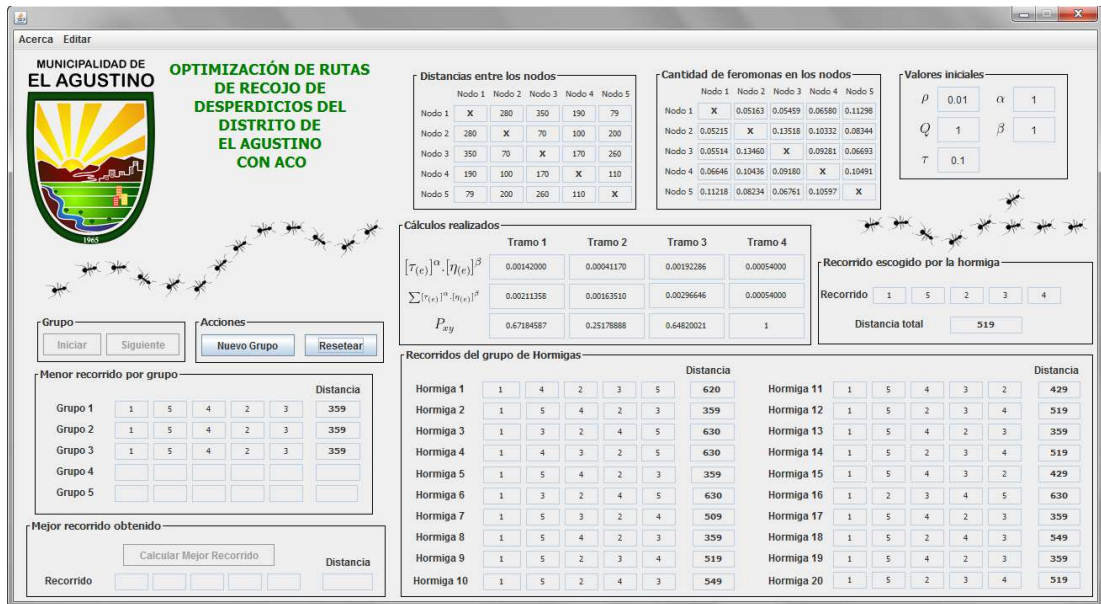
Fuente: Elaboración propia

Tabla 247: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 121: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 9



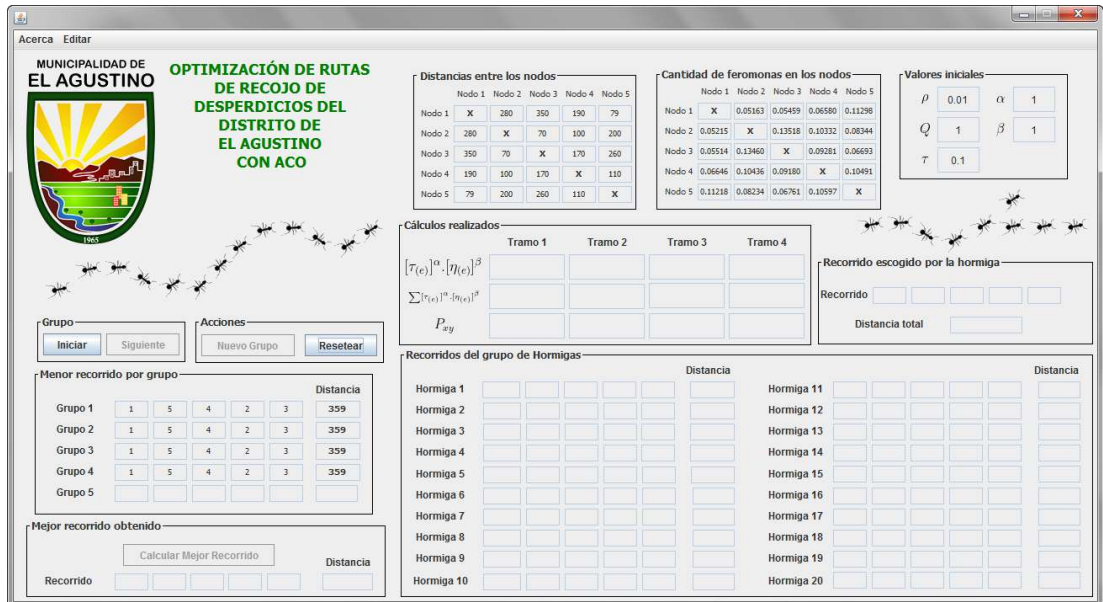
Fuente: Elaboración propia

Tabla 248: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	3	2	4	<b>509</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	3	4	<b>519</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 122: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 9



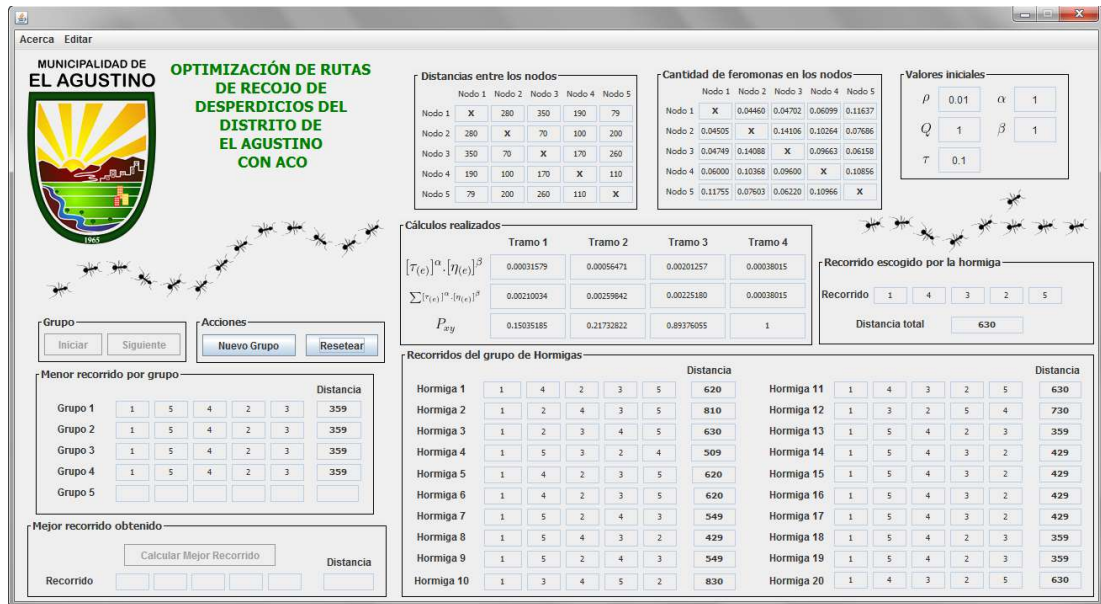
Fuente: Elaboración propia

Tabla 249: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 9

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 123: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9**



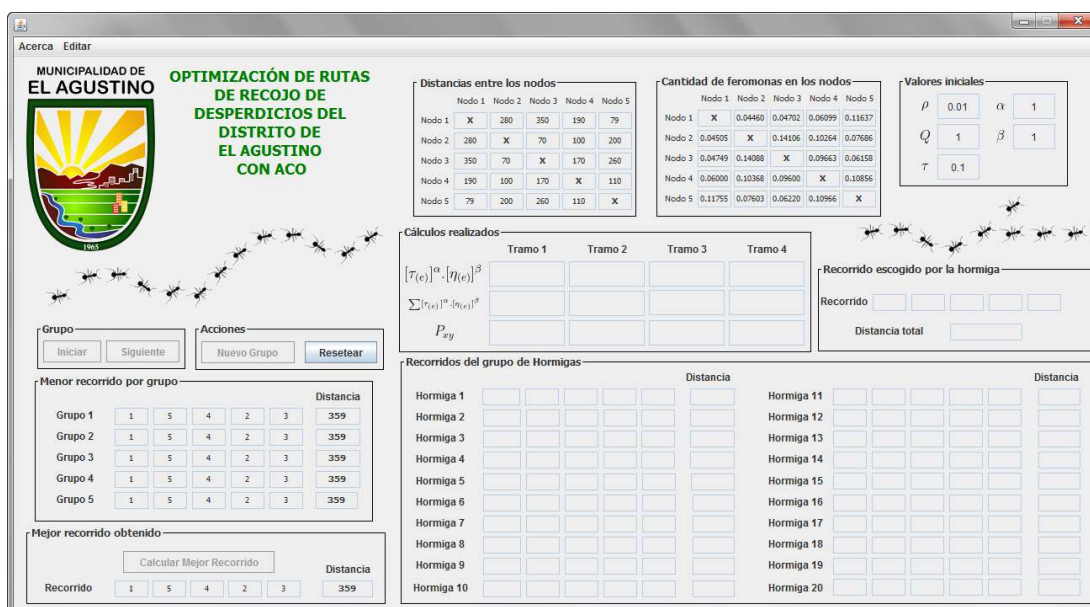
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 250: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>810</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	2	4	<b>509</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	2	3	5	<b>620</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	4	3	<b>549</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	5	2	<b>830</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>730</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	3	2	<b>429</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	3	2	5	<b>630</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 124: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 251: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 9**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>
<b>Grupo 5</b>	1	5	4	2	3	<b>359</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 252: Mejor recorrido - Recorrido N° 9**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>359</b>

Fuente: Elaboración propia



## 5.2.10. Recorrido N° 10 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 125: Ingresando datos Recorrido N° 10

**MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO**  
**OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO**

**Distancias entre los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	180	79	210	190
Nodo 2	180	X	97	88	51
Nodo 3	79	97	X	130	110
Nodo 4	210	88	130	X	160
Nodo 5	190	51	110	160	X

**Cantidad de feromonas en los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

**Valores iniciales**

$\rho$  0.01     $\alpha$  1  
 $Q$  1     $\beta$  1  
 $\tau$  0.1

**Cálculos realizados**

Tramo 1    Tramo 2    Tramo 3    Tramo 4

$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$P_{xy}$

**Registros del grupo de Hormigas**

Hormiga	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Distancia
Hormiga 1					
Hormiga 2					
Hormiga 3					
Hormiga 4					
Hormiga 5					
Hormiga 6					
Hormiga 7					
Hormiga 8					
Hormiga 9					
Hormiga 10					
Hormiga 11					
Hormiga 12					
Hormiga 13					
Hormiga 14					
Hormiga 15					
Hormiga 16					
Hormiga 17					
Hormiga 18					
Hormiga 19					
Hormiga 20					

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 253: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 10

Distancia	K	K'	L	L'	M
K	X	180	79	210	190
K'	180	X	97	88	51
L	79	97	X	130	110
L'	210	88	130	X	160
M	190	51	110	160	X

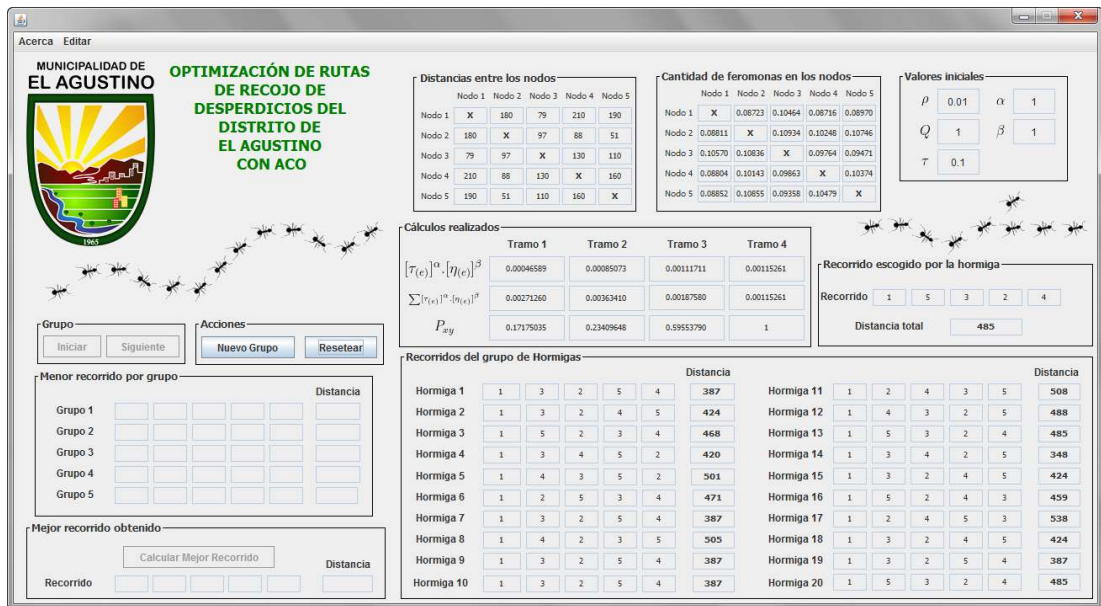
Fuente: Elaboración propia

Tabla 254: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 10

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 126: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10



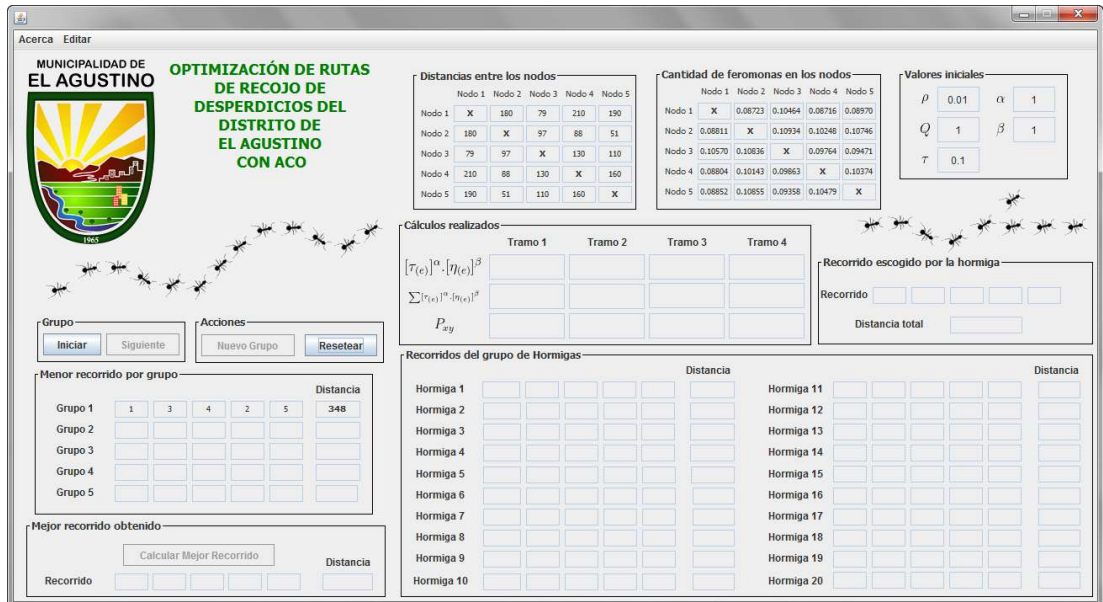
Fuente: Elaboración propia

Tabla 255: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	4	5	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	3	5	2	<b>501</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	3	4	<b>471</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	2	3	5	<b>505</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	3	5	<b>508</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	3	2	5	<b>488</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	2	4	<b>485</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	4	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>538</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	3	2	4	<b>485</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 127: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10



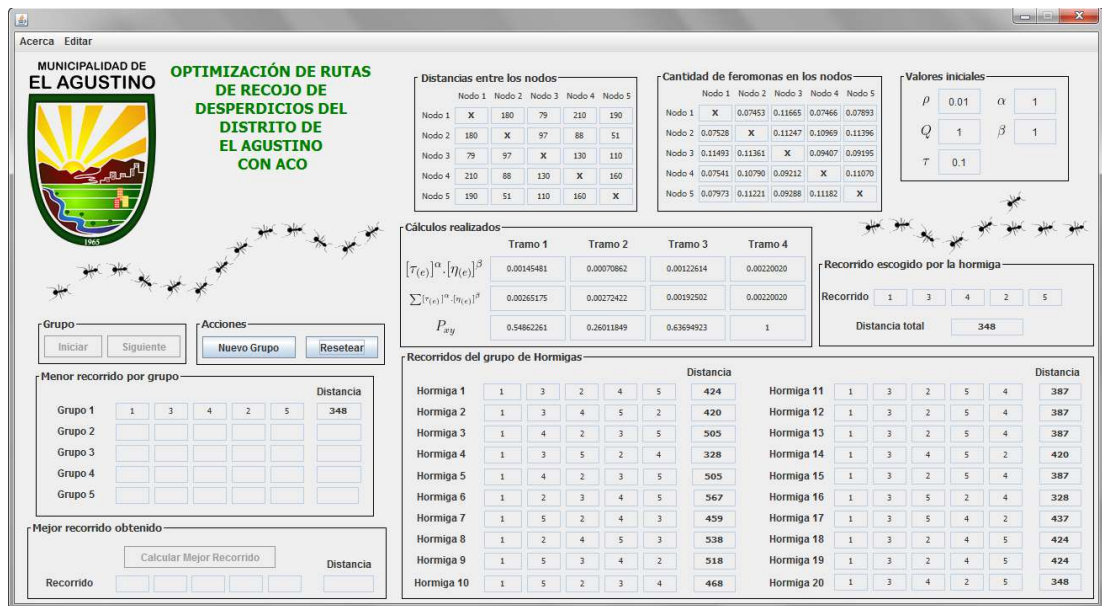
Fuente: Elaboración propia

Tabla 256: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 128: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10



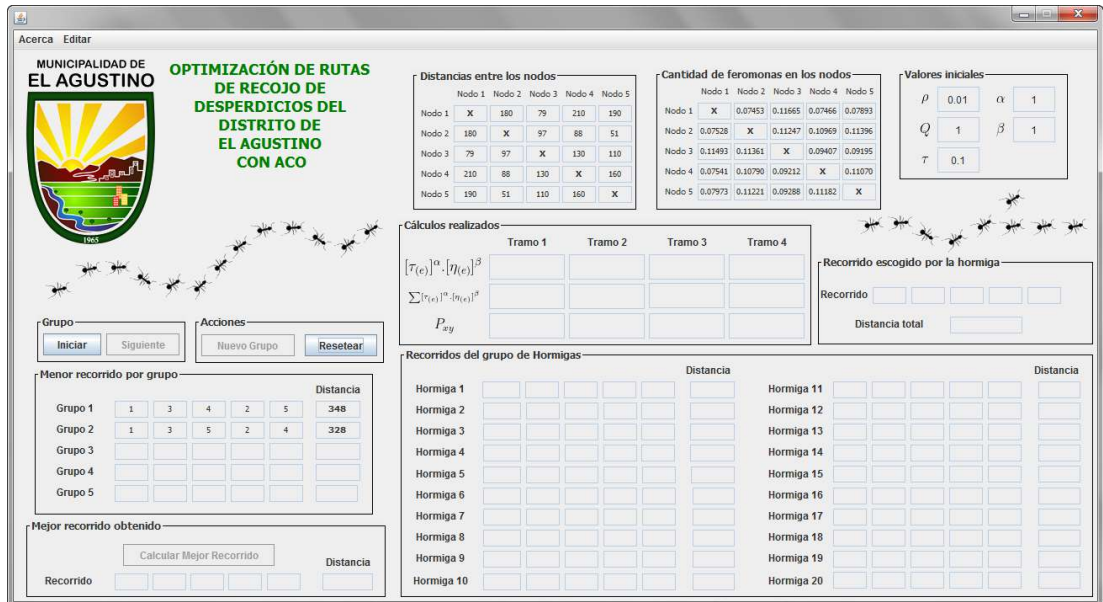
Fuente: Elaboración propia

Tabla 257: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	5	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	2	3	5	<b>505</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	2	3	5	<b>505</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>567</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	4	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	5	3	<b>538</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	3	4	2	<b>518</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	4	5	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	4	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 129: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10



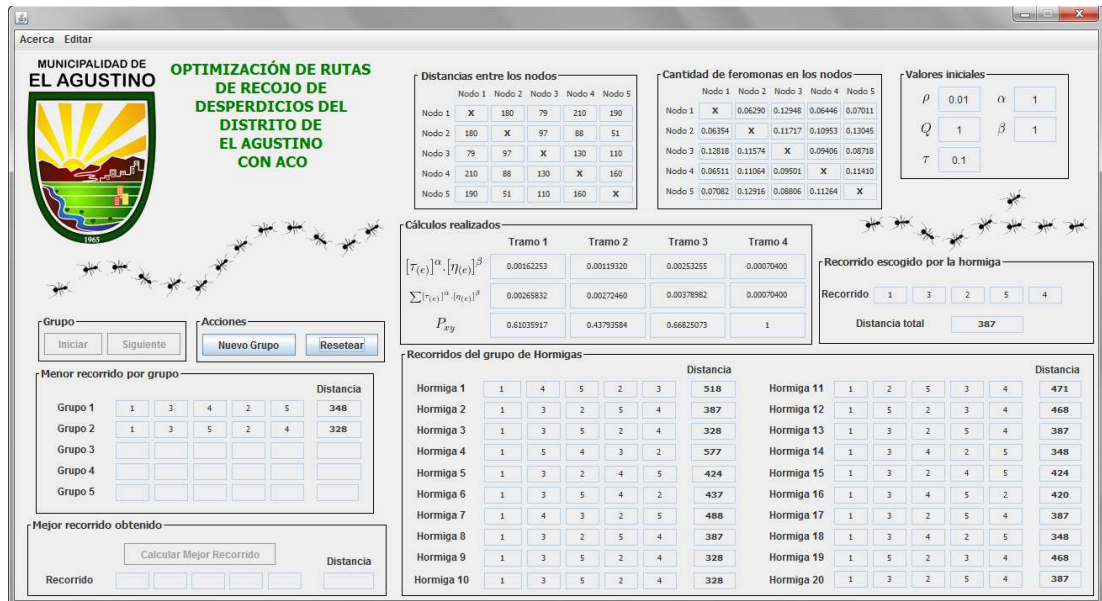
Fuente: Elaboración propia

Tabla 258: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 130: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10**



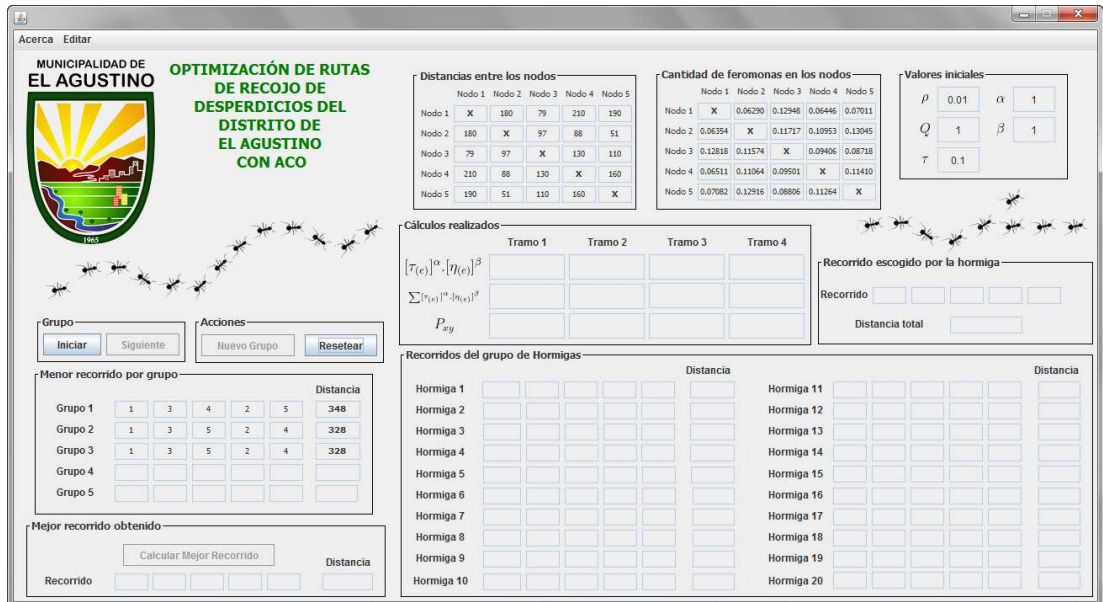
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 259: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	2	3	<b>518</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	3	2	<b>577</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	5	4	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	2	5	<b>488</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	5	3	4	<b>471</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	4	5	2	<b>420</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 131: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10



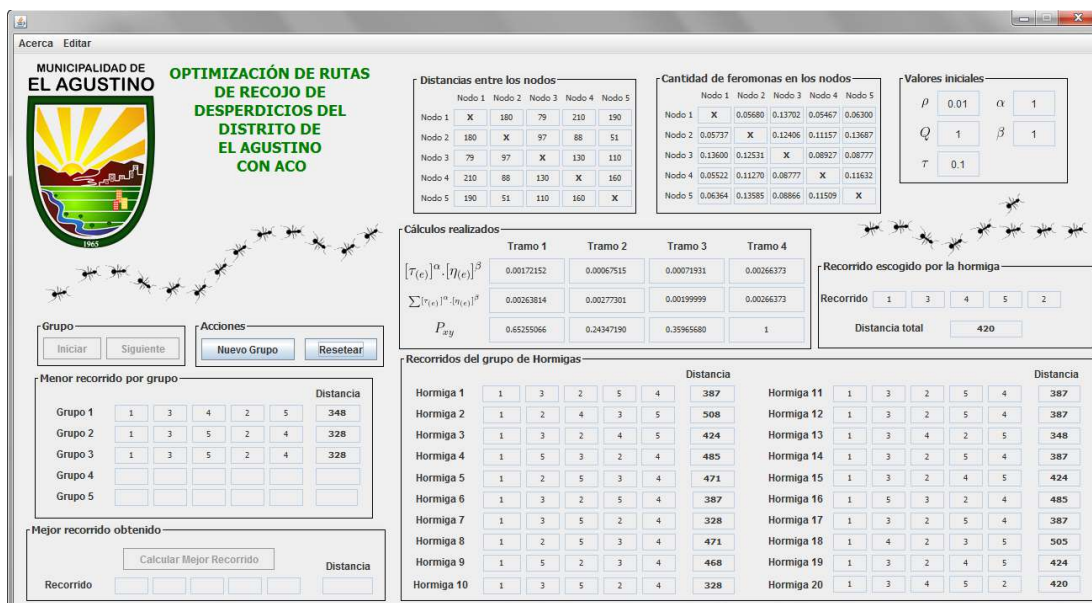
Fuente: Elaboración propia

Tabla 260: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 132: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 10**



Fuente: Elaboración propia

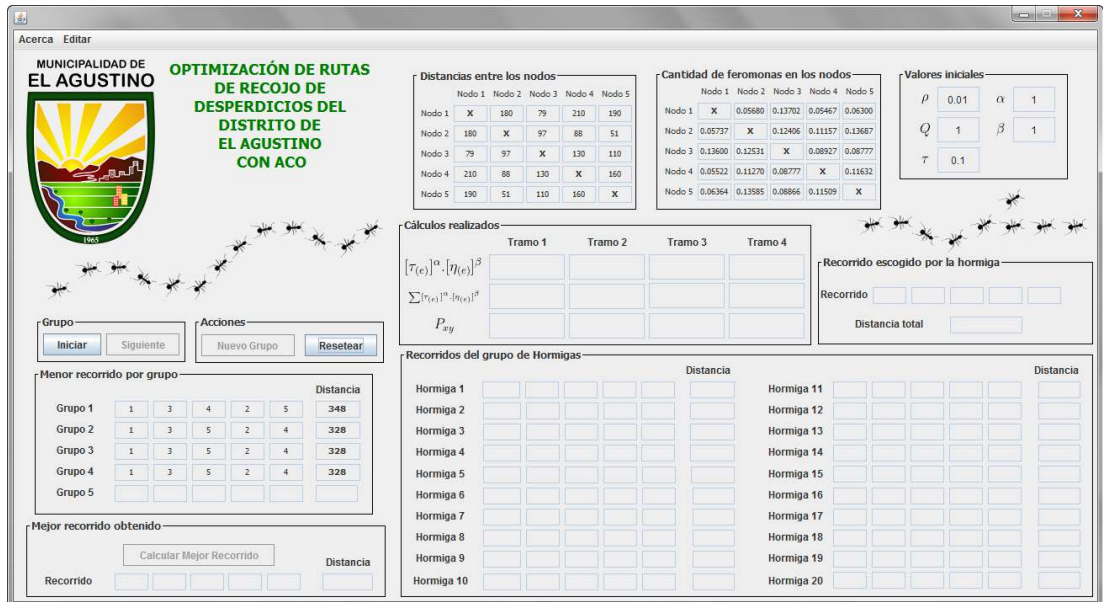
**Tabla 261: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 10**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>508</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	2	4	<b>485</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	3	4	<b>471</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	5	3	4	<b>471</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	3	2	4	<b>485</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	2	3	5	<b>505</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	4	5	2	<b>420</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 133: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 10



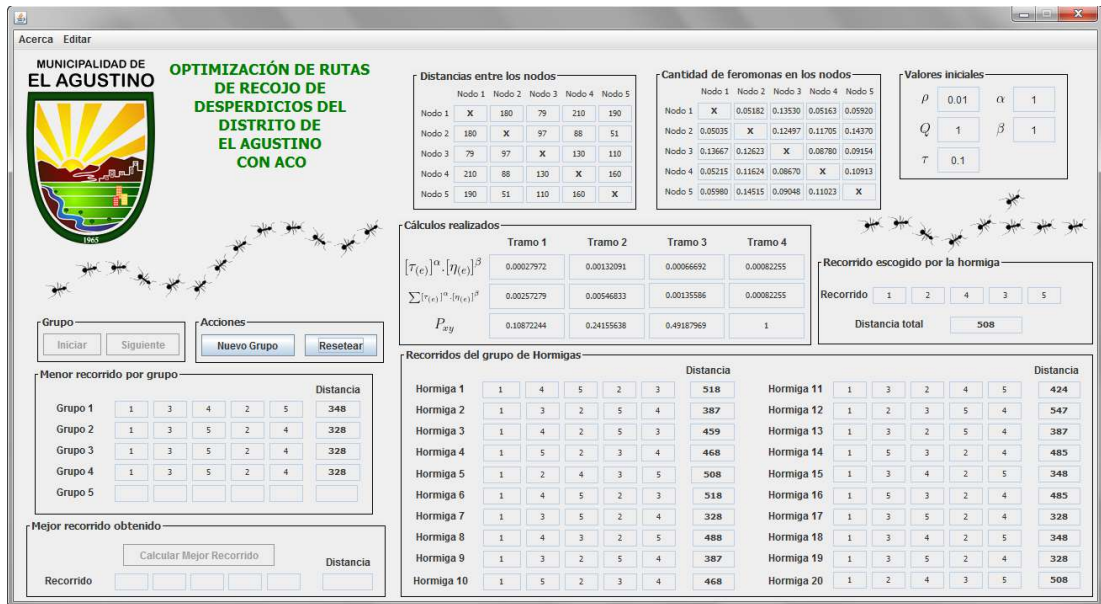
Fuente: Elaboración propia

Tabla 262: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 4</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 134: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10**



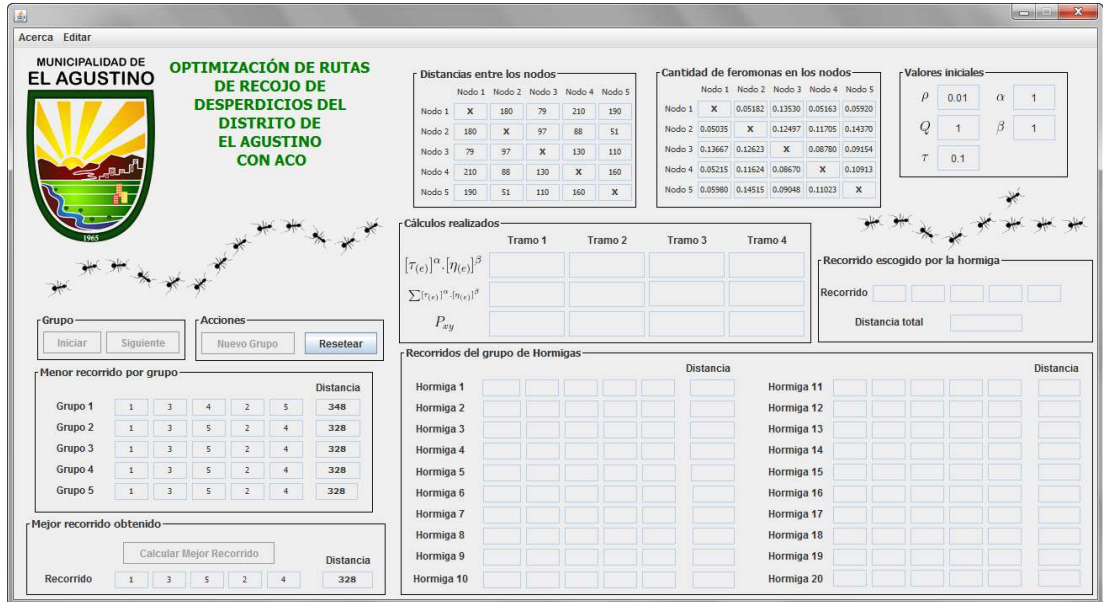
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 263: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	2	3	<b>518</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	2	5	3	<b>459</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	3	5	<b>508</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	5	2	3	<b>518</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	3	2	5	<b>488</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	3	4	<b>468</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>424</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>547</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	5	4	<b>387</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	2	4	<b>485</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	3	2	4	<b>485</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>508</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 135: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10



Fuente: Elaboración propia

Tabla 264: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 10

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	3	4	2	5	<b>348</b>
<b>Grupo 2</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 3</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 4</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>
<b>Grupo 5</b>	1	3	5	2	4	<b>328</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 265: Mejor recorrido - Recorrido N° 10

1	2	3	4	5	Distancia
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>K'</b>	<b>L'</b>	<b>328</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 4 anteriormente descritos (recorrido 7, recorrido 8, recorrido 9 y recorrido 10), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

**Tabla 266: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 4**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Recorrido 7</b>	K	L	M	N	T	<b>333</b>
<b>Recorrido 8</b>	K	L	M	T	U	<b>379</b>
<b>Recorrido 9</b>	A	L	M	N	O	<b>359</b>
<b>Recorrido 10</b>	K	L	M	K'	L'	<b>328</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 267: Mejor recorrido – Sección N° 4**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>K'</b>	<b>L'</b>	<b>328</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.11. Recorrido N° 11 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 136: Ingresando datos Recorrido N° 11

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 268: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 11

Distancia	L'	Z	O'	P'	Q'
L'	X	220	180	140	58
Z	220	X	43	86	160
O'	180	43	X	44	120
P'	140	86	44	X	80
Q'	58	160	120	77	X

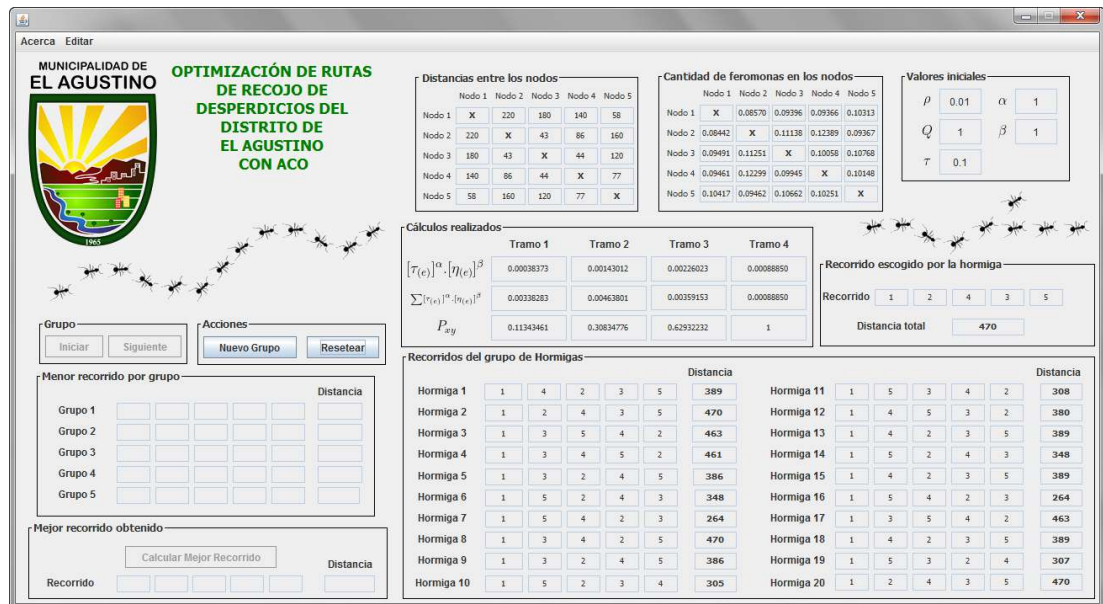
Fuente: Elaboración propia

Tabla 269: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 11

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 137: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11



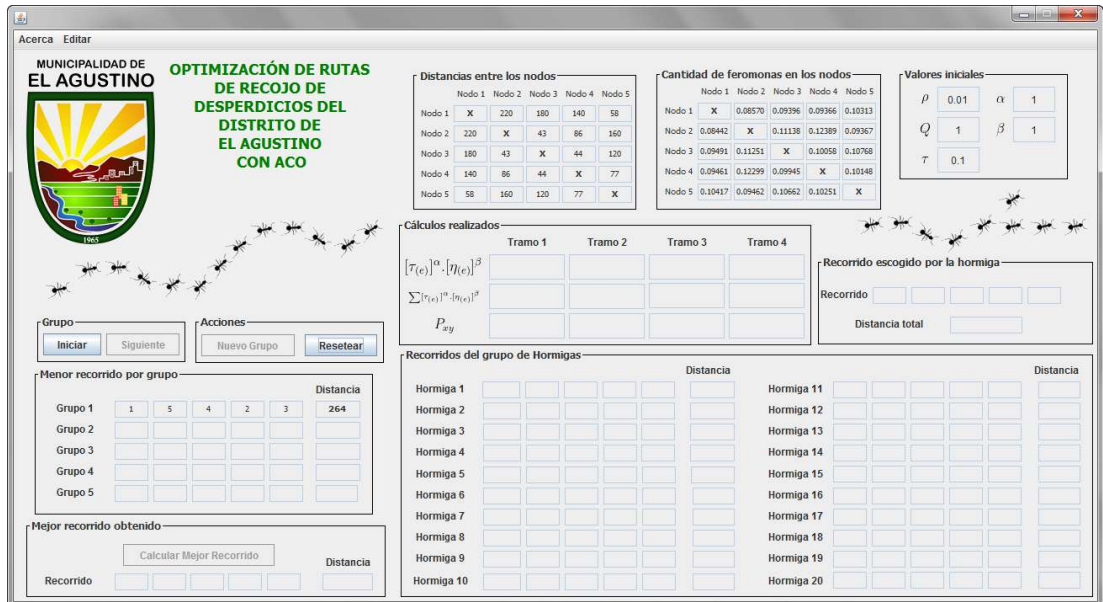
Fuente: Elaboración propia

Tabla 270: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>389</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>470</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	5	4	2	<b>463</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	4	5	2	<b>461</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>386</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	4	3	<b>348</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	4	2	5	<b>470</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	4	5	<b>386</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	3	4	2	<b>308</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	5	3	2	<b>380</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	2	3	5	<b>389</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	4	3	<b>348</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	2	3	5	<b>389</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	5	4	2	<b>463</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	2	3	5	<b>389</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>470</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 138: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11



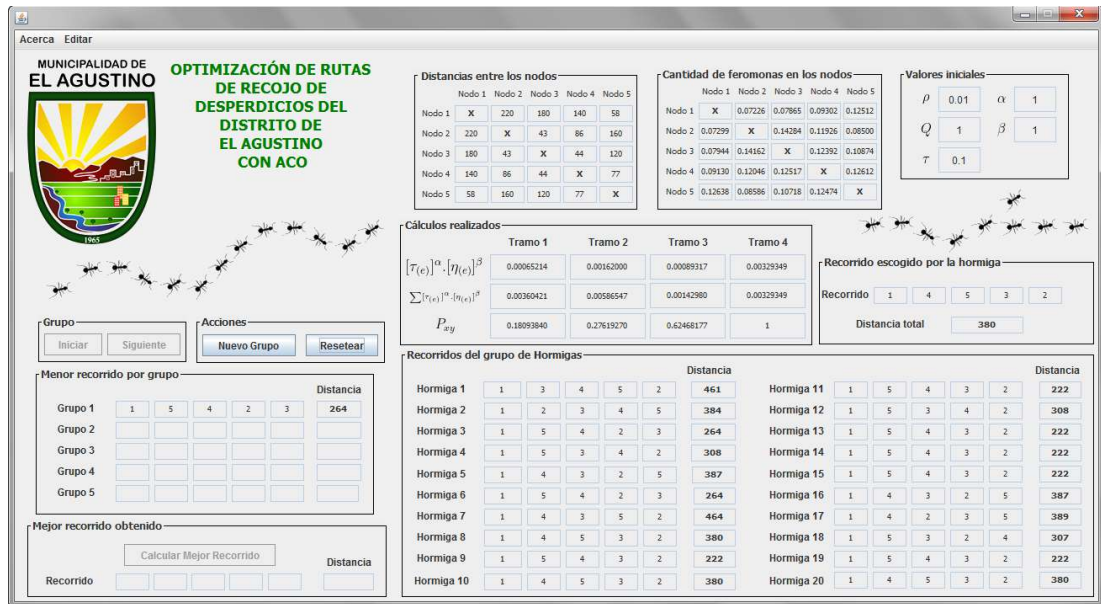
Fuente: Elaboración propia

Tabla 271: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 139: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11**



Fuente: Elaboración propia

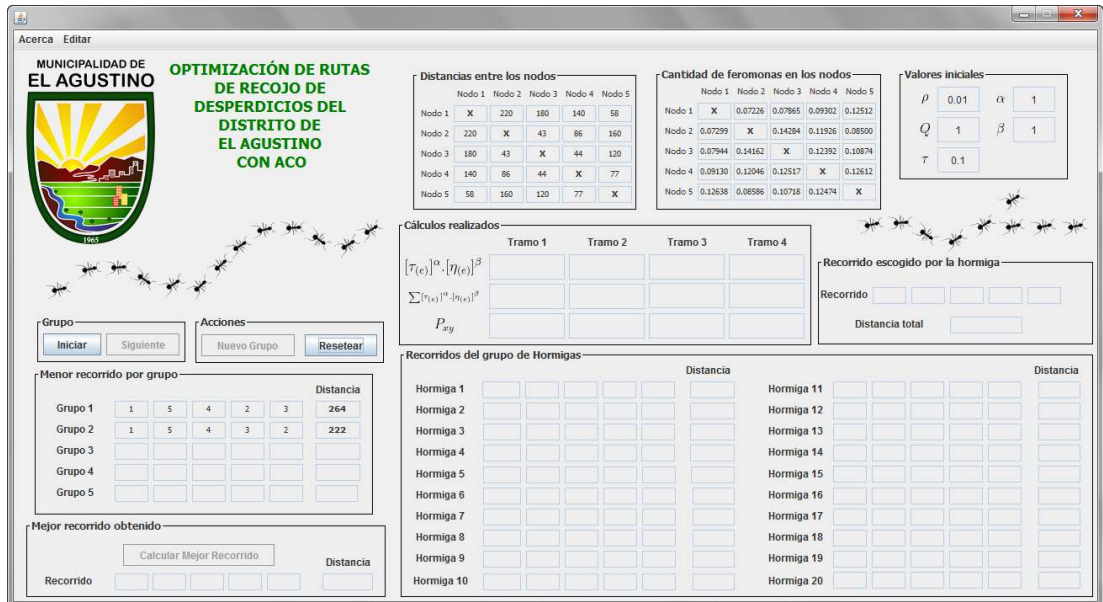
**Tabla 272: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	5	2	<b>461</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>384</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	4	2	<b>308</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	3	5	2	<b>464</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	5	3	2	<b>380</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	5	3	2	<b>380</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	3	4	2	<b>308</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	2	3	5	<b>389</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	5	3	2	<b>380</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 140: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11



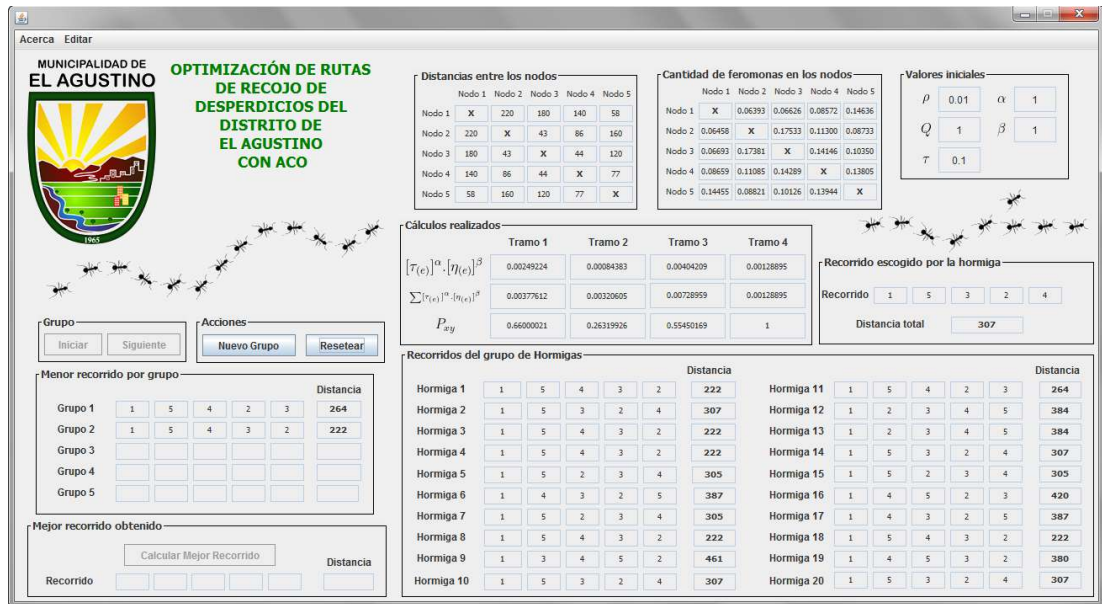
Fuente: Elaboración propia

Tabla 273: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 141: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11



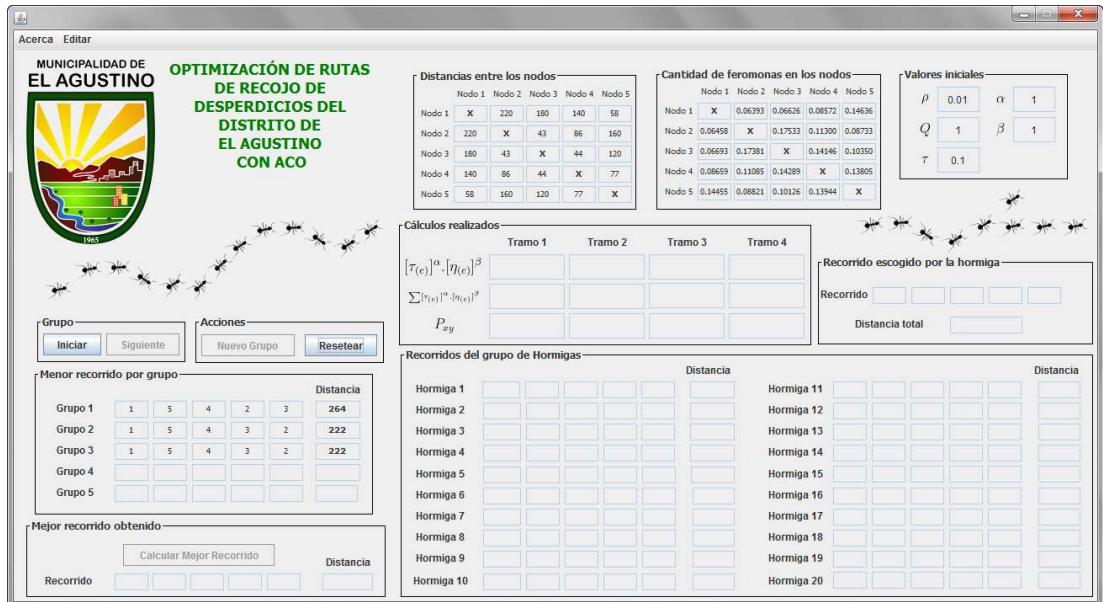
Fuente: Elaboración propia

Tabla 274: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	5	2	<b>461</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>384</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>384</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	2	3	<b>420</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	5	3	2	<b>380</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 142: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11



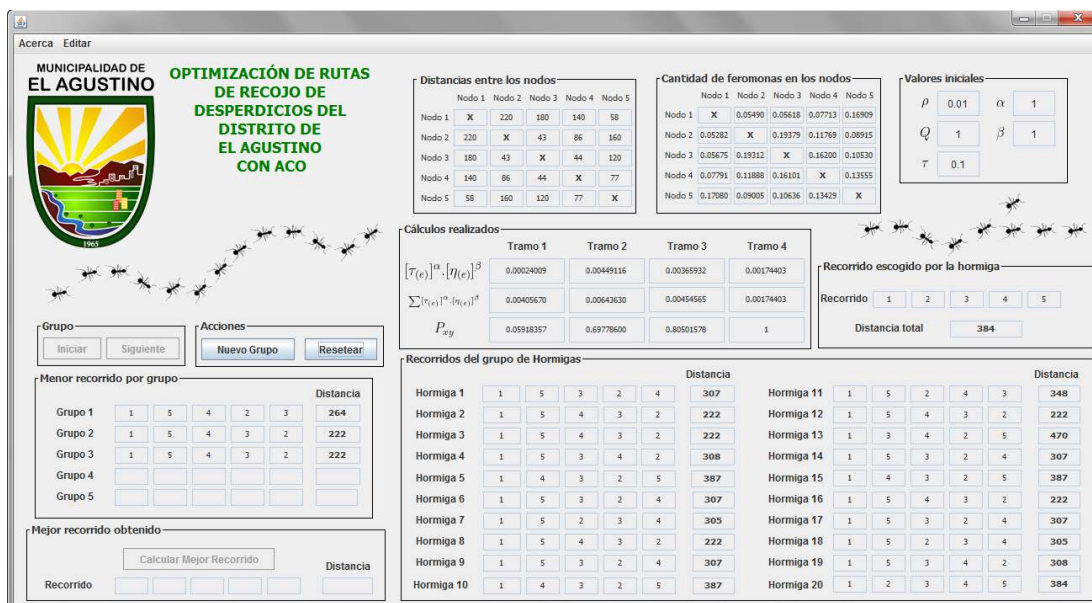
Fuente: Elaboración propia

Tabla 275: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 143: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 11**



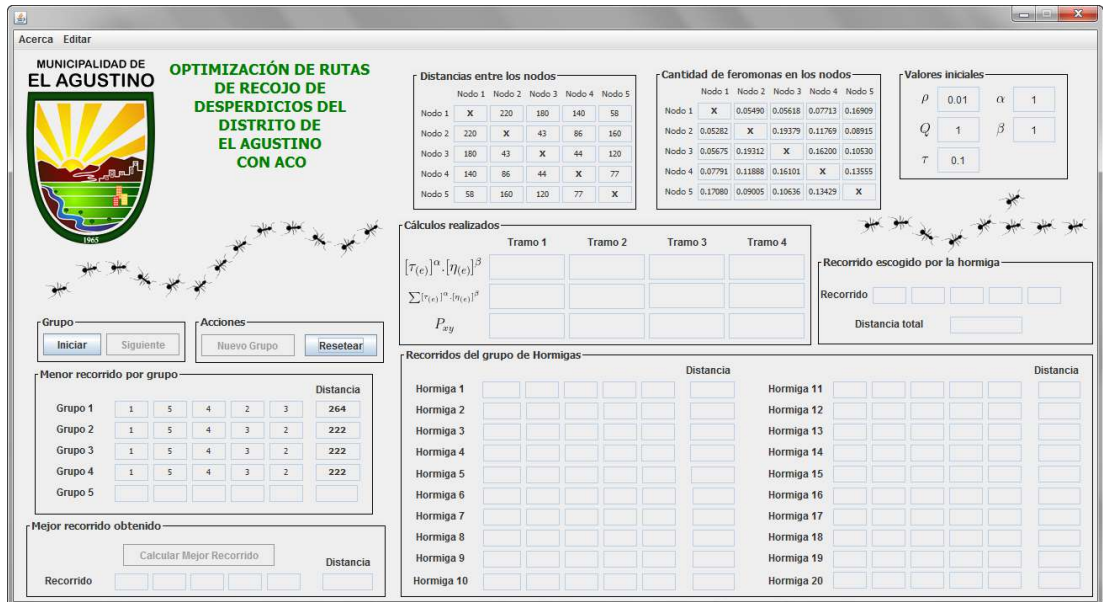
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 276: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 11**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	4	2	<b>308</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	4	3	<b>348</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	2	5	<b>470</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	3	4	2	<b>308</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>384</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 144: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 11



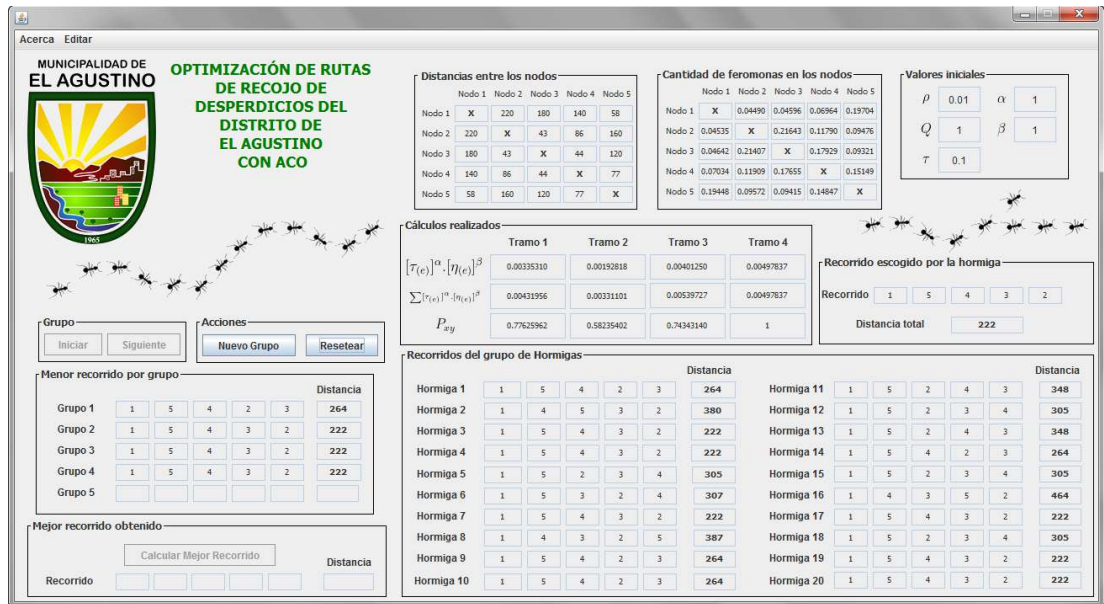
Fuente: Elaboración propia

Tabla 277: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 145: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11**



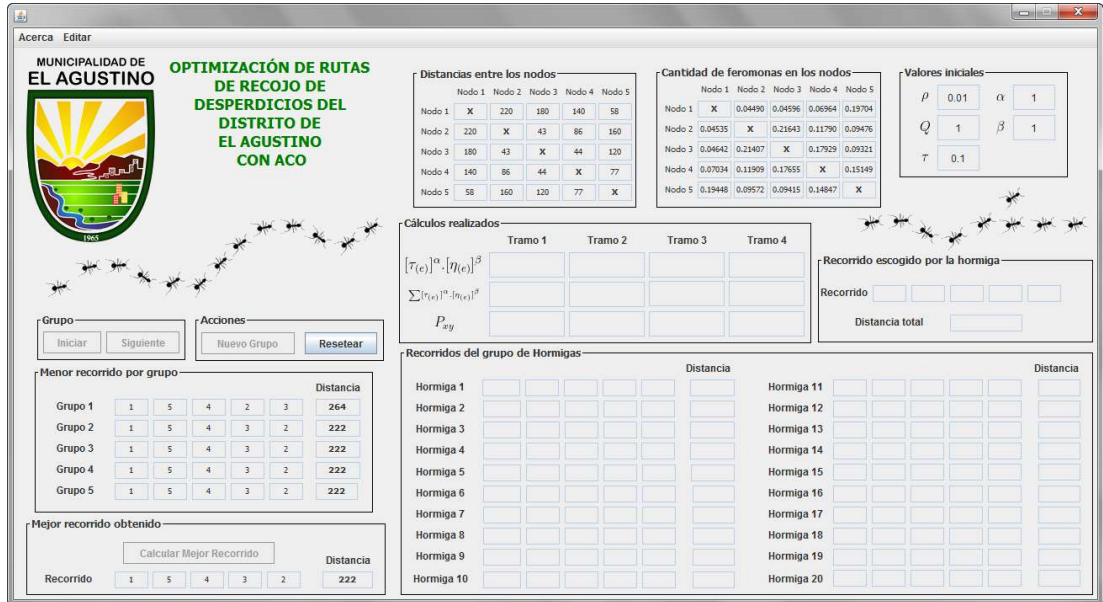
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 278: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	5	3	2	<b>380</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	3	2	4	<b>307</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	3	2	5	<b>387</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	4	3	<b>348</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	4	3	<b>348</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	3	5	2	<b>464</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>305</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 146: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11



Fuente: Elaboración propia

Tabla 279: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 11

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>
<b>Grupo 5</b>	1	5	4	3	2	<b>222</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 280: Mejor recorrido - Recorrido N° 11

1	2	3	4	5	Distancia
<b>L'</b>	<b>Q'</b>	<b>P'</b>	<b>O'</b>	<b>Z</b>	<b>222</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.12. Recorrido N° 12 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 147: Ingresando datos Recorrido N° 12

**MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO**  
**OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO**

**Distancias entre los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	58	140	210	220
Nodo 2	58	X	77	140	160
Nodo 3	140	77	X	66	86
Nodo 4	210	140	66	X	71
Nodo 5	220	160	86	71	X

**Cantidad de feromonas en los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

**Valores iniciales**

$\rho$  0.01     $\alpha$  1  
 $Q$  1     $\beta$  1  
 $\tau$  0.1

**Cálculos realizados**

Tramo 1    Tramo 2    Tramo 3    Tramo 4

$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$P_{xy}$

**Registros del grupo de Hormigas**

Hormiga	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Distancia
Hormiga 1					
Hormiga 2					
Hormiga 3					
Hormiga 4					
Hormiga 5					
Hormiga 6					
Hormiga 7					
Hormiga 8					
Hormiga 9					
Hormiga 10					
Hormiga 11					
Hormiga 12					
Hormiga 13					
Hormiga 14					
Hormiga 15					
Hormiga 16					
Hormiga 17					
Hormiga 18					
Hormiga 19					
Hormiga 20					

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 281: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 12

Distancia	L'	Q'	P'	Y	Z
L'	X	58	140	210	220
Q'	58	X	77	140	160
P'	140	77	X	66	86
Y	210	140	66	X	71
Z	220	160	86	71	X

Fuente: Elaboración propia

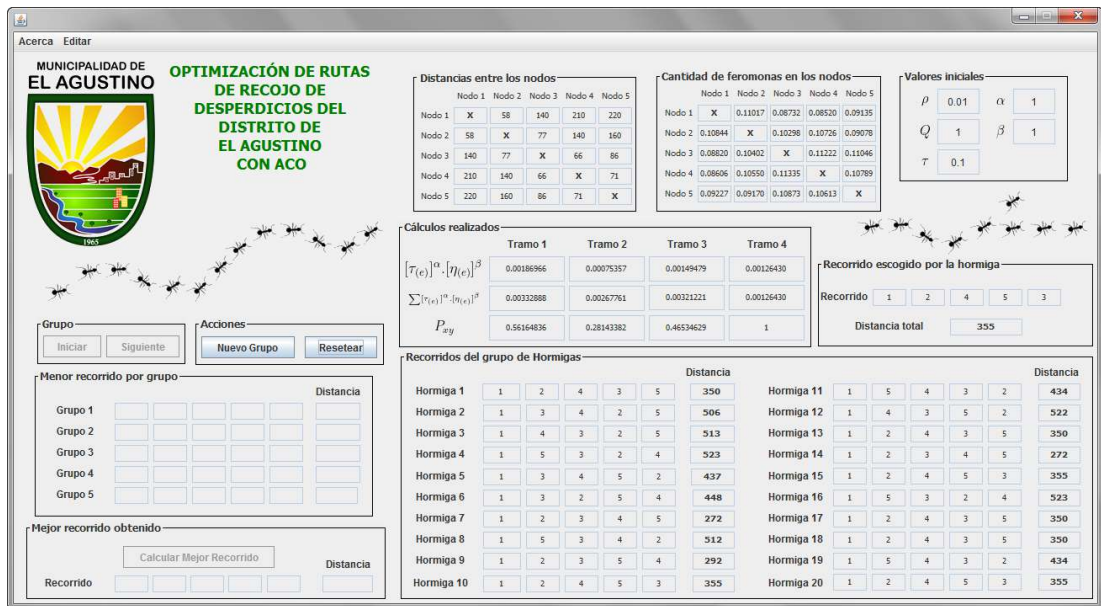
Tabla 282: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 12

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia



Figura 148: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12



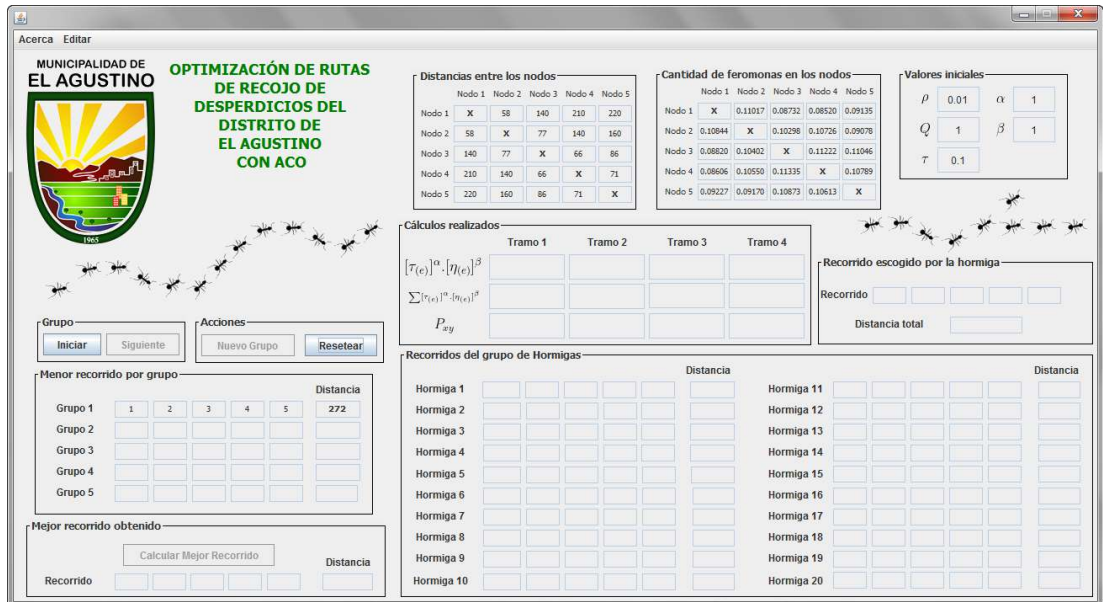
Fuente: Elaboración propia

Tabla 283: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	2	5	<b>506</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	3	2	5	<b>513</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	2	4	<b>523</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	5	4	<b>448</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	3	4	2	<b>512</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>434</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	3	5	2	<b>522</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	3	2	4	<b>523</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>434</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 149: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12



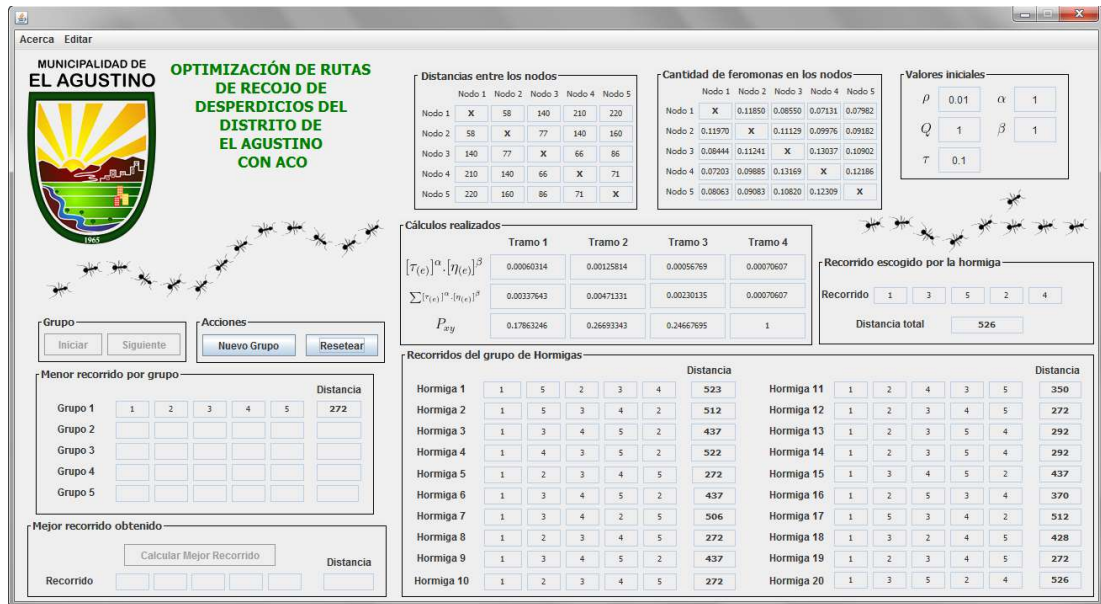
Fuente: Elaboración propia

Tabla 284: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 150: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12**



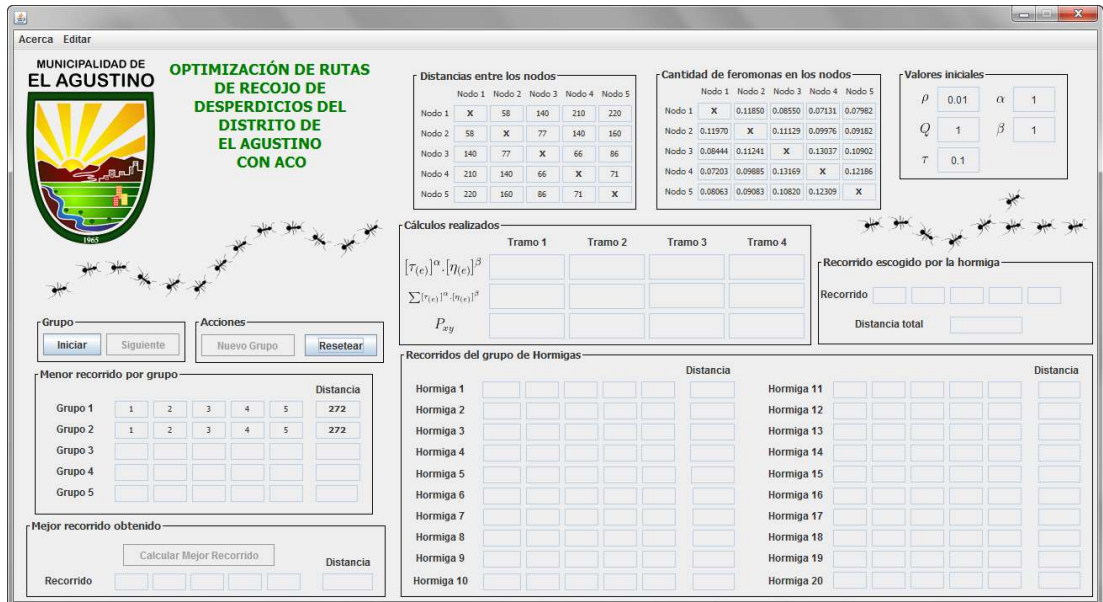
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 285: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>523</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	4	2	<b>512</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	4	5	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	3	5	2	<b>522</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	5	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	4	2	5	<b>506</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	5	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	4	5	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	5	3	4	<b>370</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	4	2	<b>512</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>428</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	5	2	4	<b>526</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 151: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12



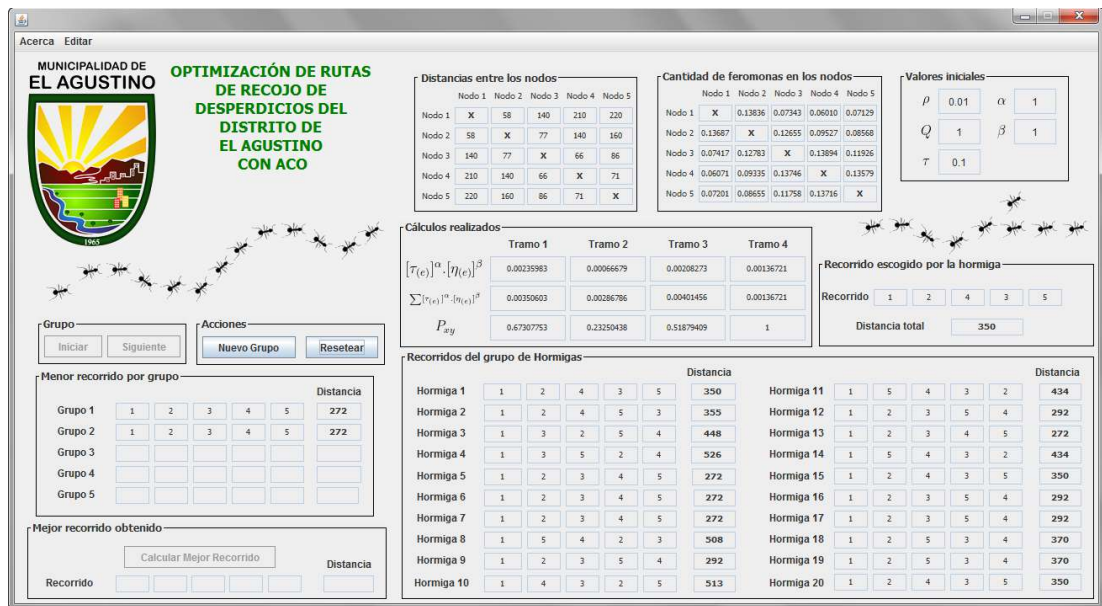
Fuente: Elaboración propia

Tabla 286: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 152: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12**



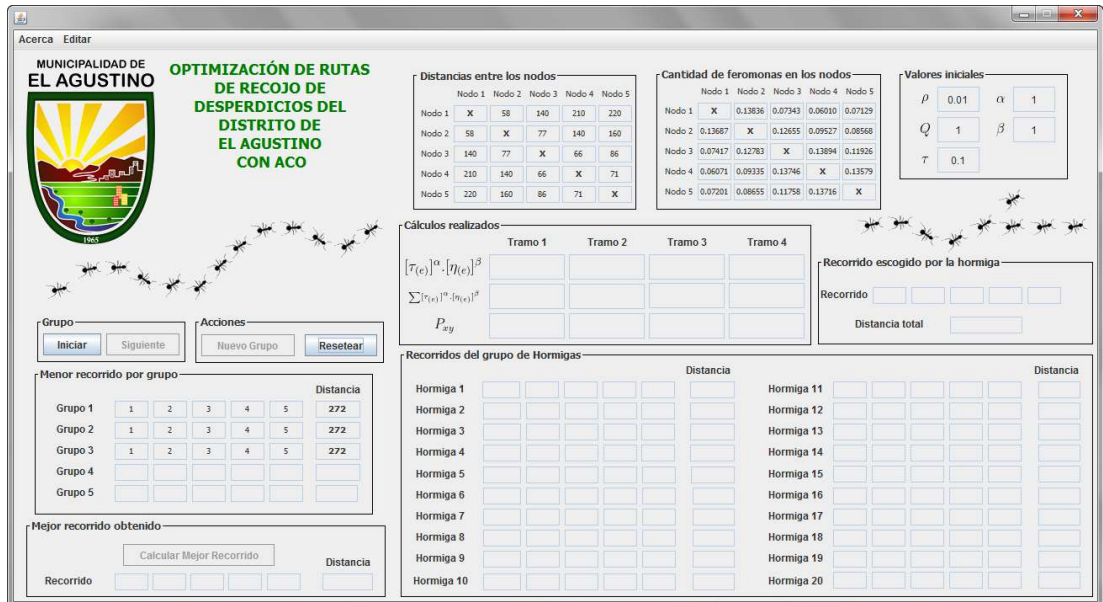
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 287: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	5	4	<b>448</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	2	4	<b>526</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>508</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	3	2	5	<b>513</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>434</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	3	2	<b>434</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	5	3	4	<b>370</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	5	3	4	<b>370</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 153: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12



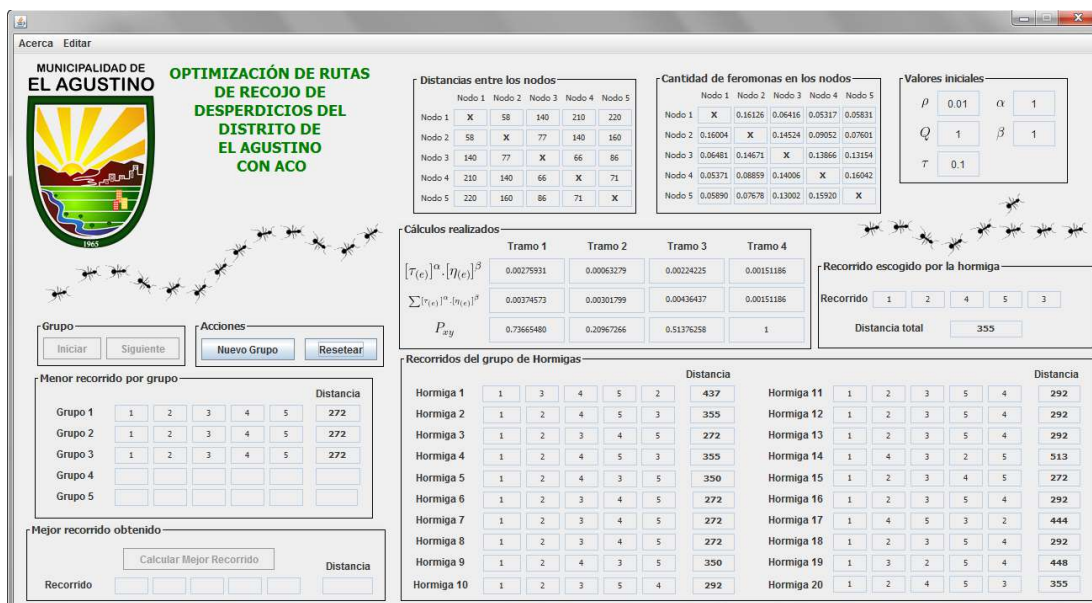
Fuente: Elaboración propia

Tabla 288: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 154: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 12



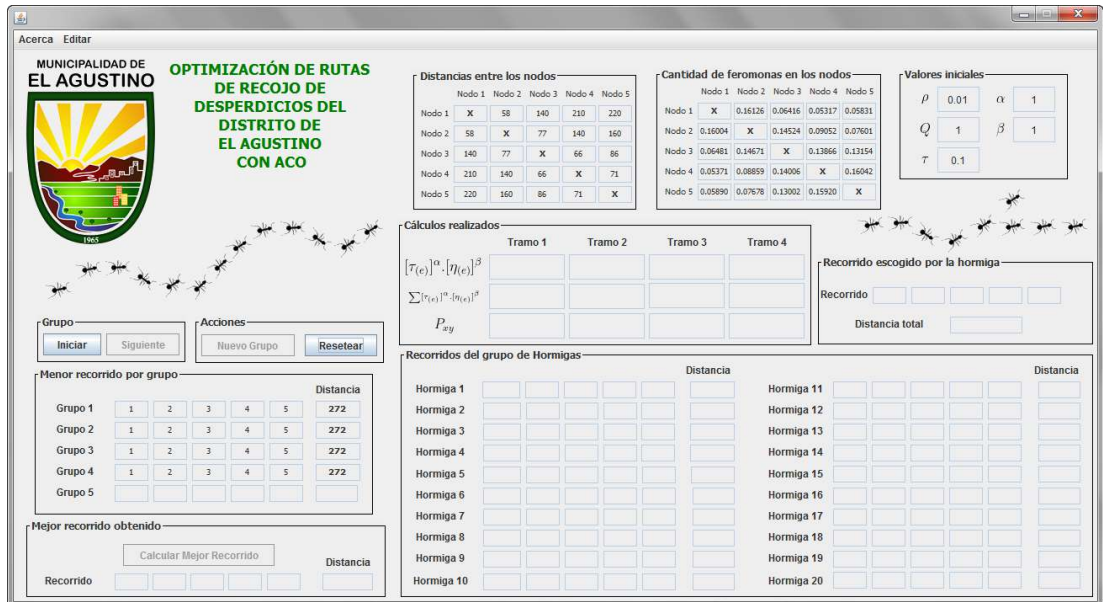
Fuente: Elaboración propia

Tabla 289: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	5	2	<b>437</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	3	2	5	<b>513</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	5	3	2	<b>444</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	5	4	<b>448</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 155: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 12



Fuente: Elaboración propia

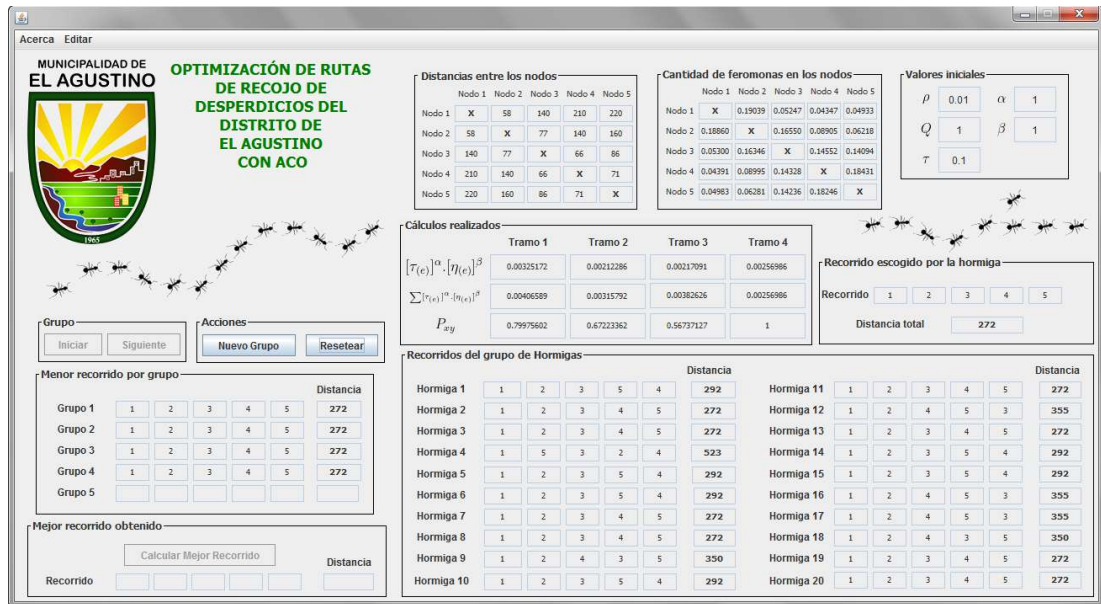
Tabla 290: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Figura 156: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12



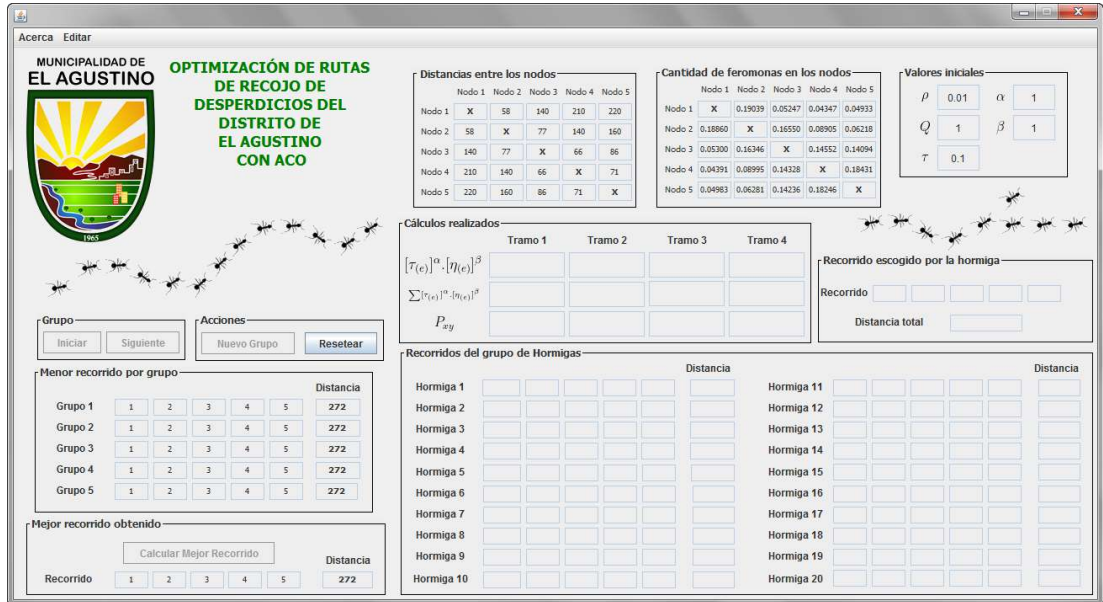
Fuente: Elaboración propia

Tabla 291: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	2	4	<b>523</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>292</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>355</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	4	3	5	<b>350</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 157: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12



Fuente: Elaboración propia

Tabla 292: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 12

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>272</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 293: Mejor recorrido - Recorrido N° 12

1	2	3	4	5	Distancia
<b>L'</b>	<b>Q'</b>	<b>P'</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>272</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 2 anteriormente descritos (recorrido 11 y recorrido 12), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

**Tabla 294: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 5**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Recorrido 11</b>	L'	Q'	P'	O'	Z	<b>222</b>
<b>Recorrido 12</b>	L'	Q'	P'	Y	Z	<b>272</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 295: Mejor recorrido – Sección N° 5**

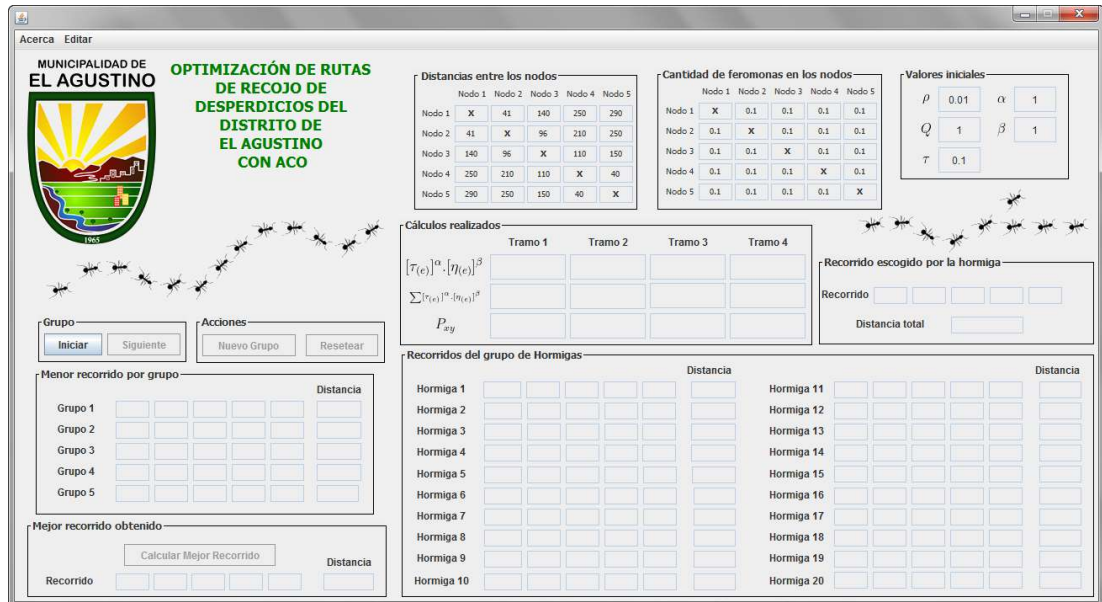
1	2	3	4	5	Distancia
<b>L'</b>	<b>Q'</b>	<b>P'</b>	<b>O'</b>	<b>Z</b>	<b>222</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.13. Recorrido N° 13 de Villa Hermosa

#### a. Ingreso de Datos

Figura 158: Ingresando datos Recorrido N° 13



Fuente: Elaboración propia

#### b. Análisis de Datos

Tabla 296: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 13

Distancia	U	G'	J'	M'	N'
U	X	41	140	250	290
G'	41	X	96	210	250
J'	140	96	X	110	150
M'	250	210	110	X	40
N'	290	250	150	40	X

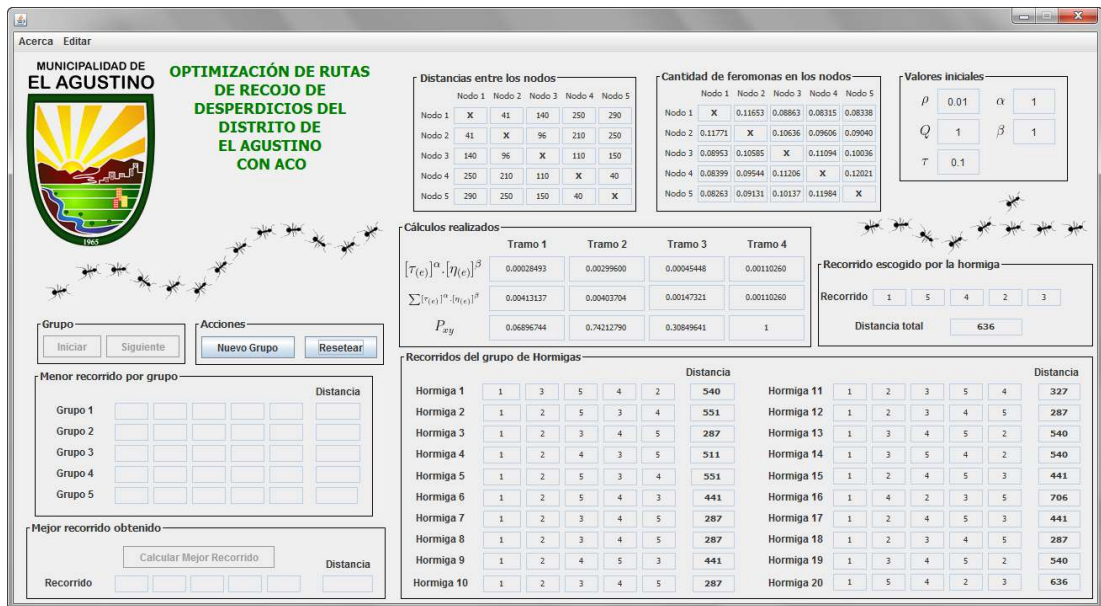
Fuente: Elaboración propia

Tabla 297: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 13

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 159: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13



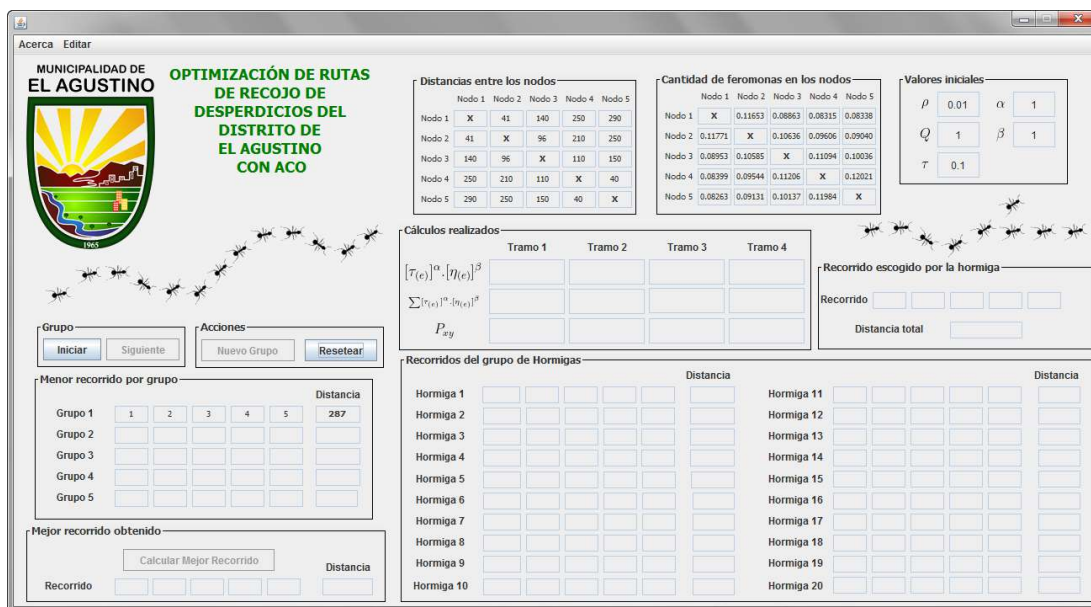
Fuente: Elaboración propia

Tabla 298: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	5	4	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	5	3	4	<b>551</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	3	5	<b>511</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	3	4	<b>551</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	4	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	5	4	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	2	3	5	<b>706</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	2	3	<b>636</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 160: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13



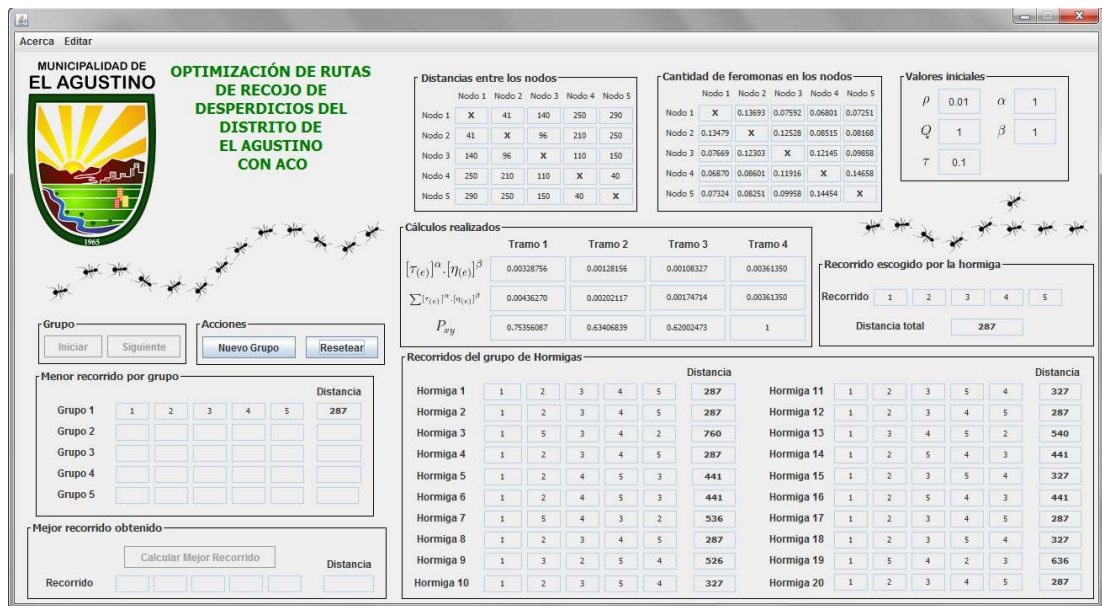
Fuente: Elaboración propia

Tabla 299: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 161: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13



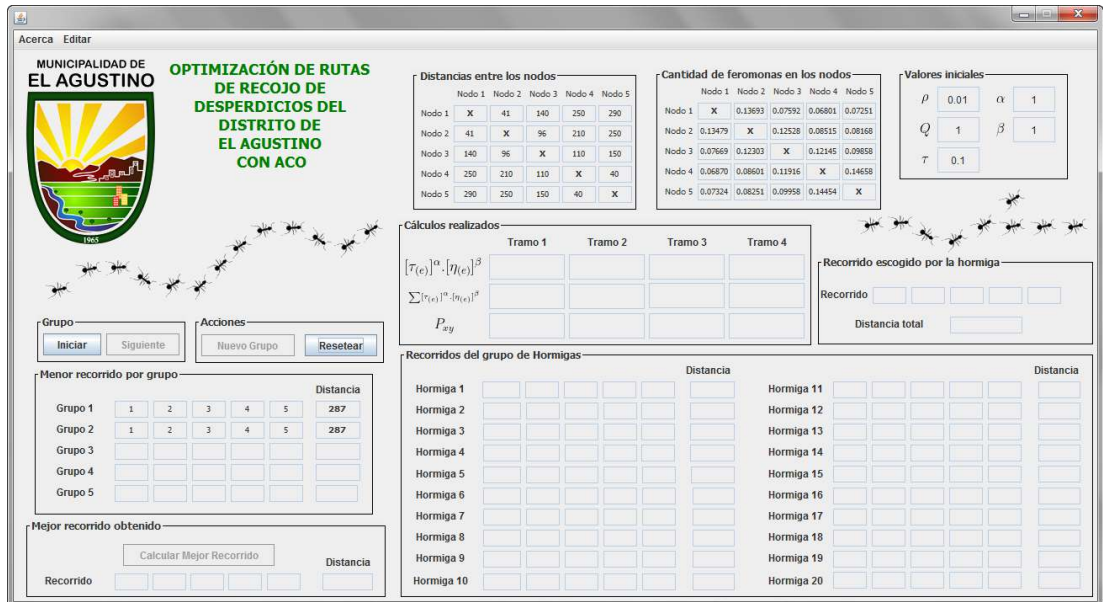
Fuente: Elaboración propia

Tabla 300: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	3	4	2	<b>760</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	3	2	<b>536</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	5	4	<b>526</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	5	4	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>636</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 162: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13



Fuente: Elaboración propia

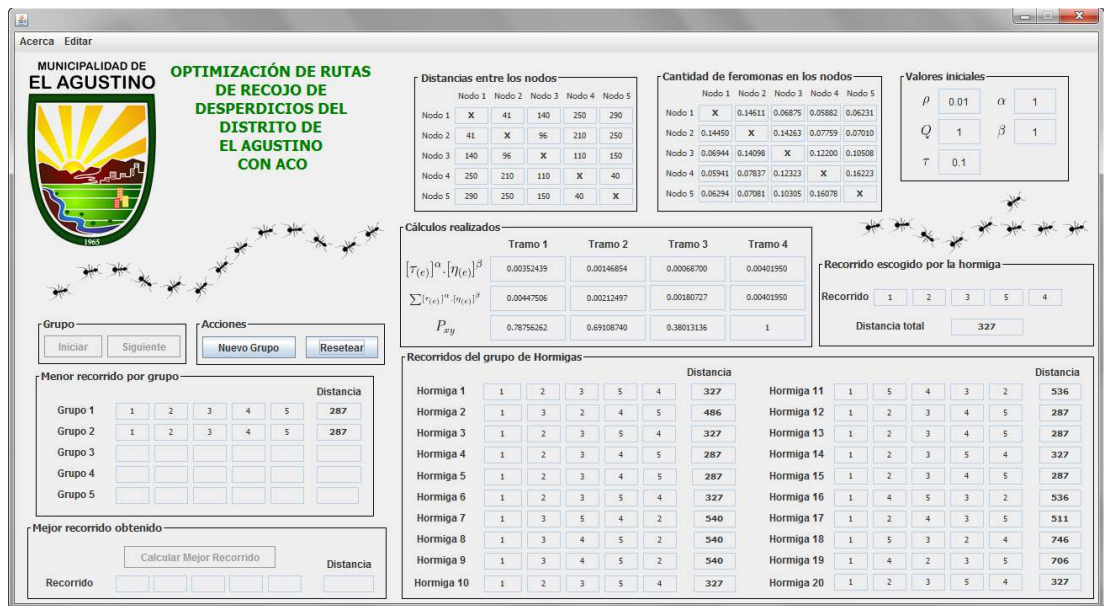
Tabla 301: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



**Figura 163: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13**



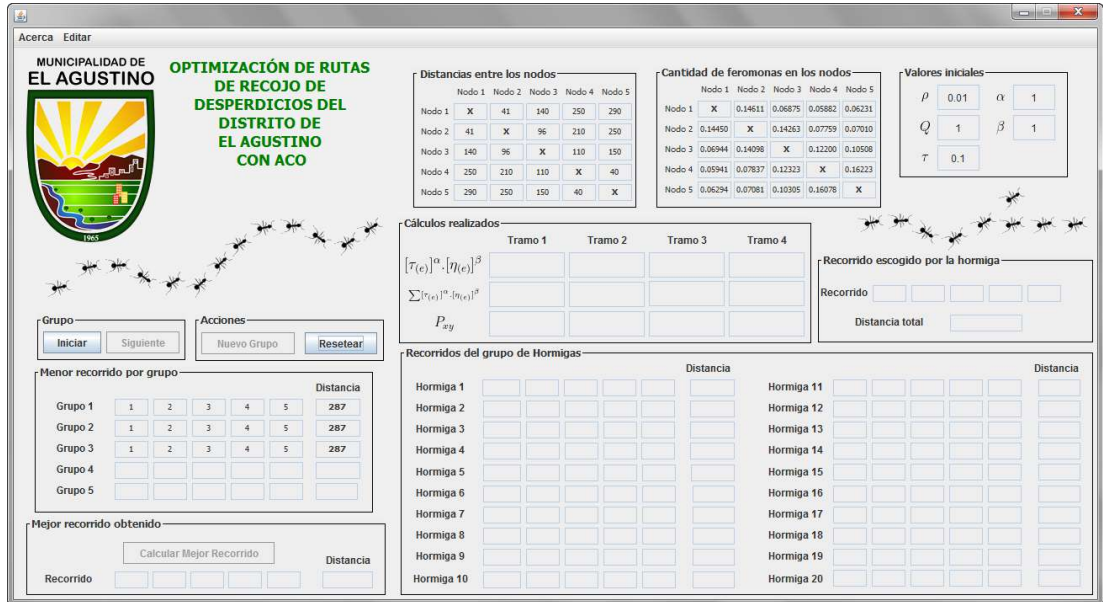
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 302: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	4	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	5	4	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>536</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	3	2	<b>536</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	3	5	<b>511</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	2	4	<b>746</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	2	3	5	<b>706</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 164: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13



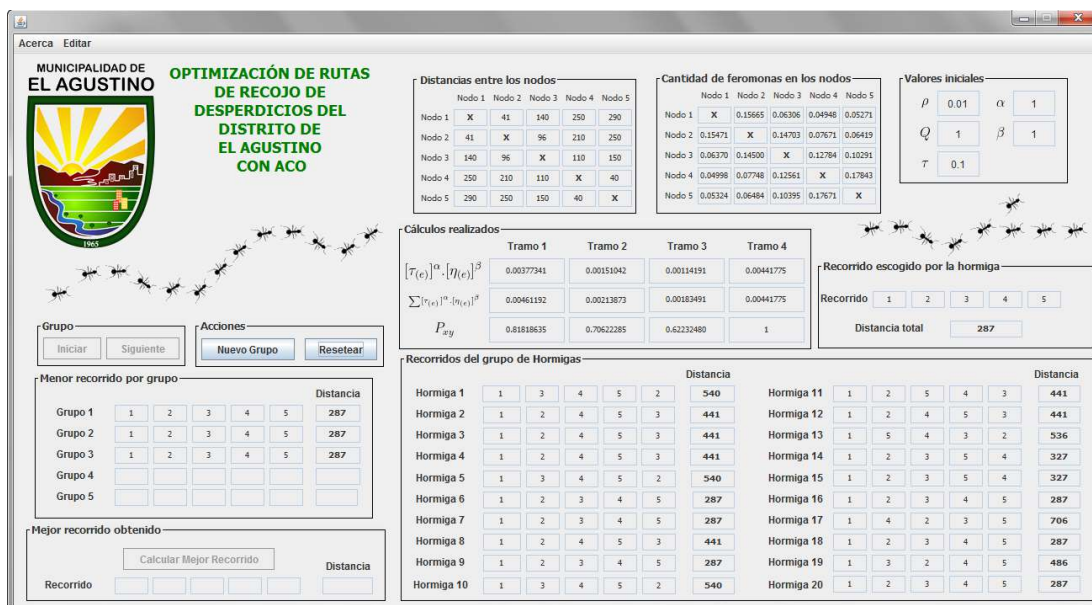
Fuente: Elaboración propia

Tabla 303: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 165: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 13



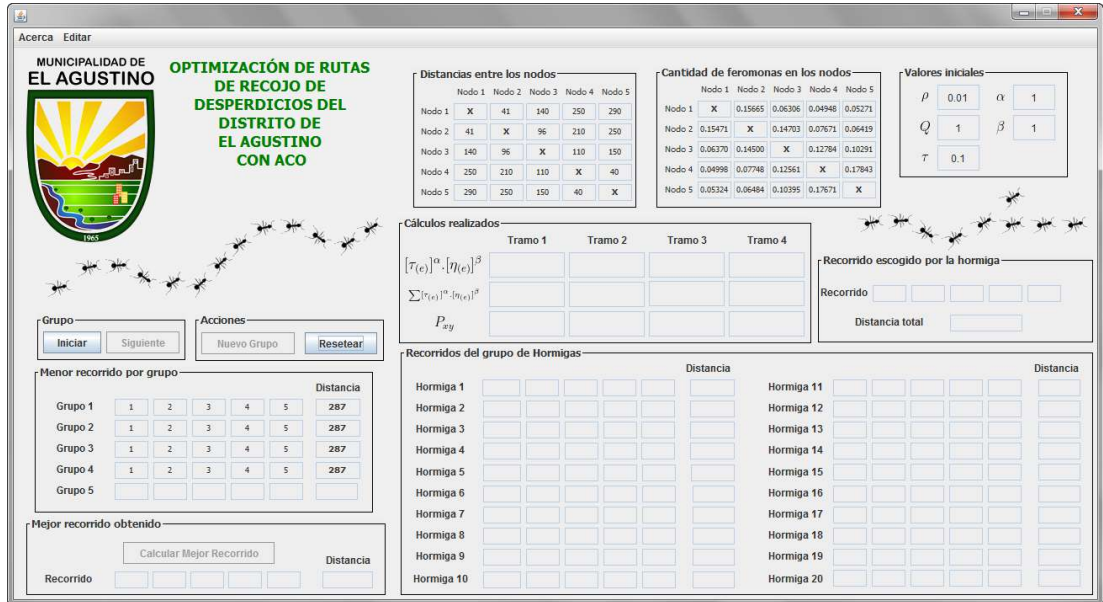
Fuente: Elaboración propia

Tabla 304: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	5	4	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	3	2	<b>536</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	2	3	5	<b>706</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	4	5	<b>486</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 166: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 13



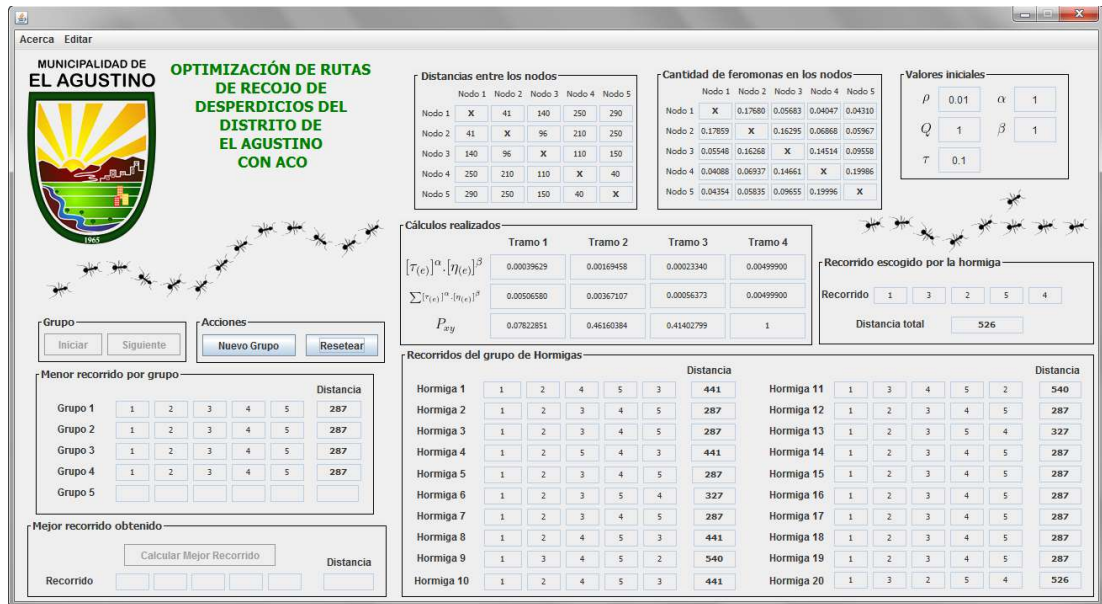
Fuente: Elaboración propia

Tabla 305: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 167: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13



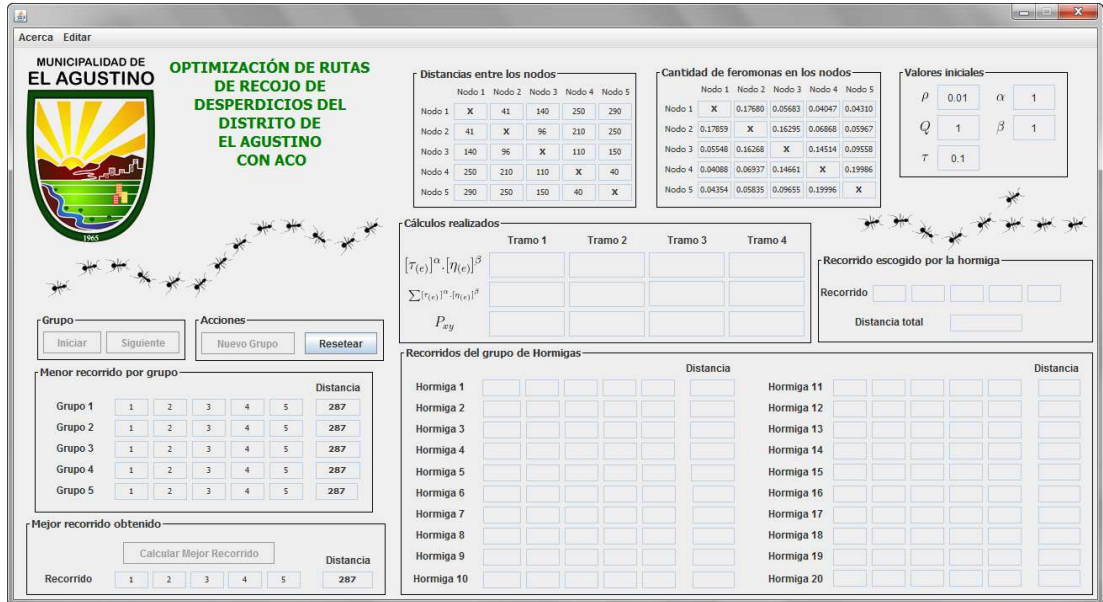
Fuente: Elaboración propia

Tabla 306: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	5	4	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	3	<b>441</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	4	5	2	<b>540</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>327</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	5	4	<b>526</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 168: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13



Fuente: Elaboración propia

Tabla 307: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 13

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>287</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 308: Mejor recorrido - Recorrido N° 13

1	2	3	4	5	Distancia
<b>U</b>	<b>G'</b>	<b>J'</b>	<b>M'</b>	<b>N'</b>	<b>287</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.14. Recorrido N° 14 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 169: Ingresando datos Recorrido N° 14

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 309: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 14

Distancia	U	N	O	S	T
U	X	84	150	220	40
N	84	X	66	260	44
O	150	66	X	190	110
S	220	240	190	X	180
T	40	44	110	180	X

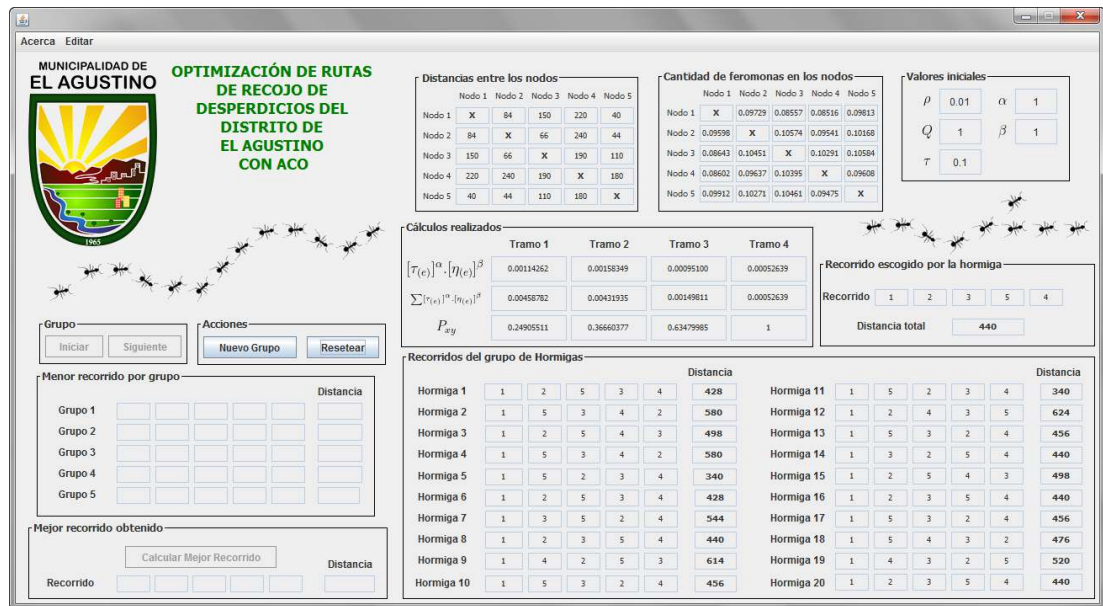
Fuente: Elaboración propia

Tabla 310: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 14

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 170: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14



Fuente: Elaboración propia

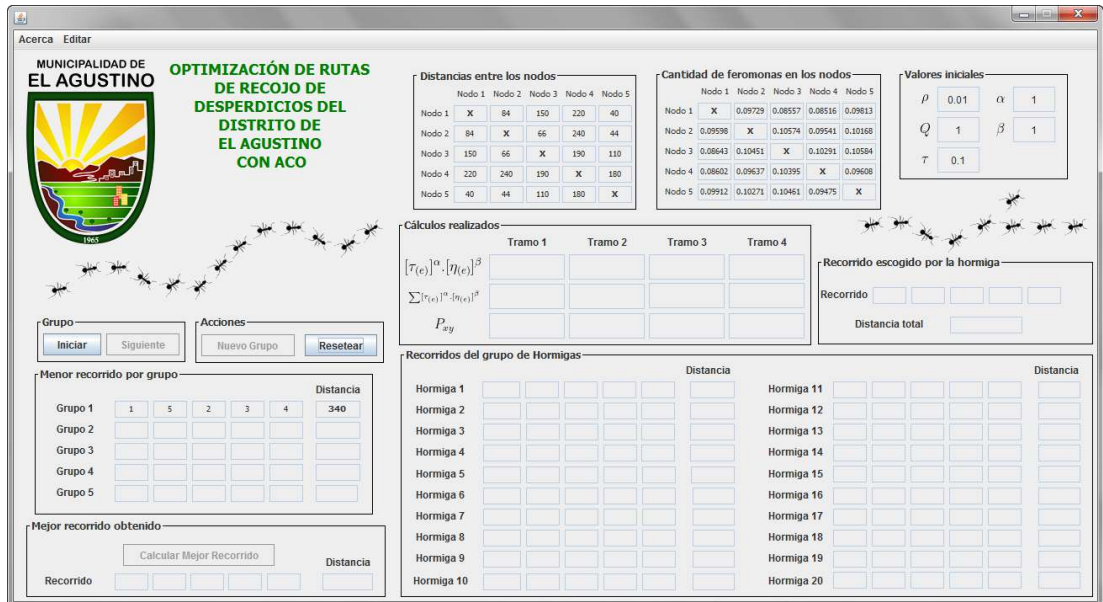
Tabla 311: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	3	4	<b>428</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	4	2	<b>580</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	5	4	3	<b>498</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	4	2	<b>580</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	3	4	<b>428</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	5	2	4	<b>544</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	2	5	3	<b>614</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	4	3	5	<b>624</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	2	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	4	3	<b>498</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	4	3	2	<b>476</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	4	3	2	5	<b>520</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>440</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 171: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14



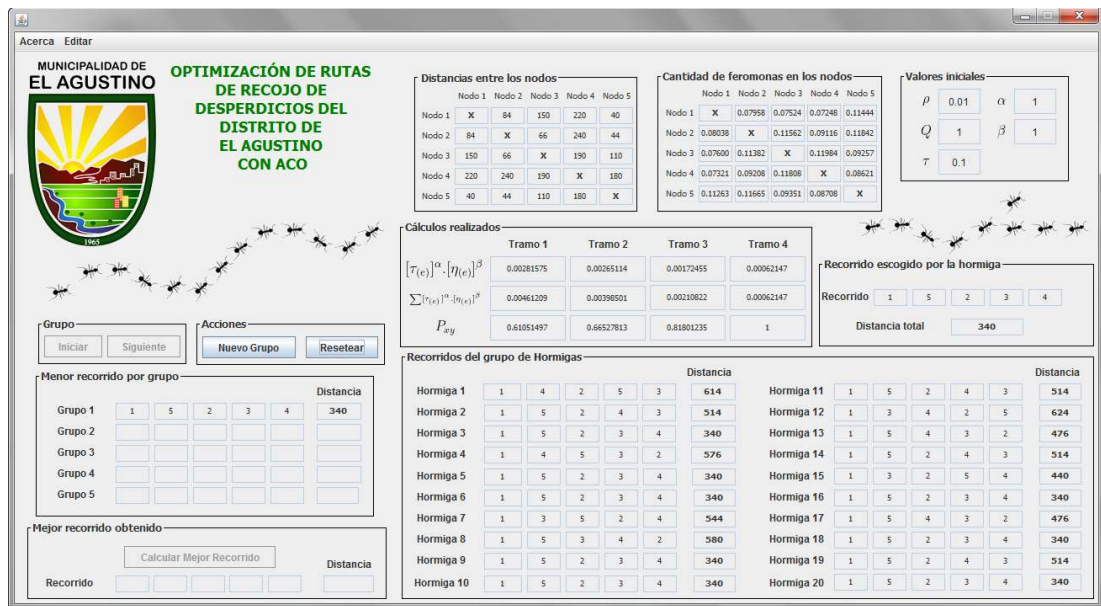
Fuente: Elaboración propia

Tabla 312: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 172: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14**



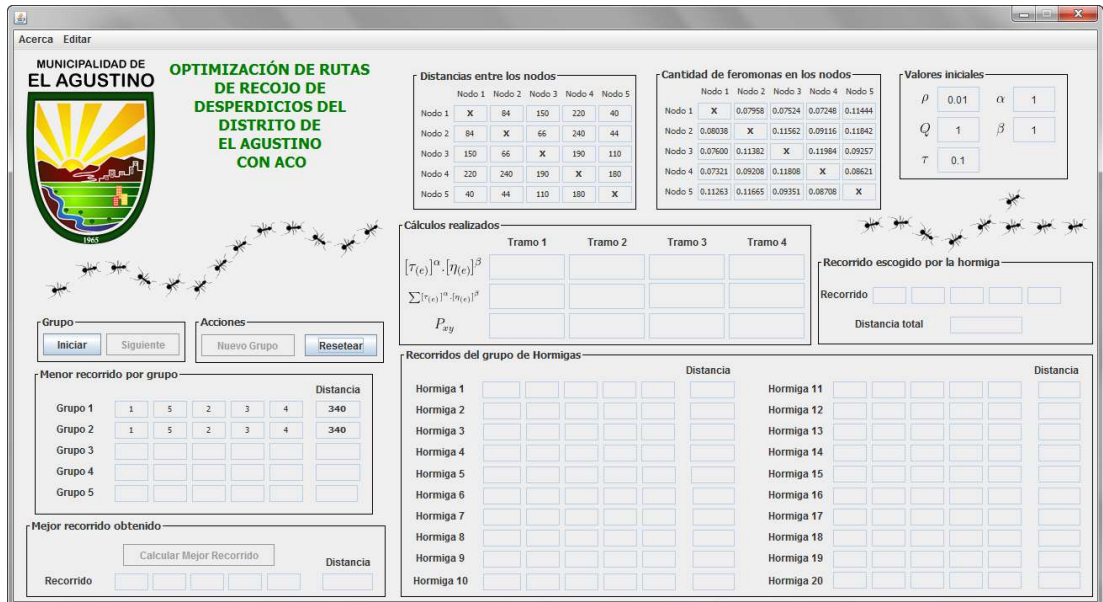
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 313: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	5	3	<b>614</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	4	5	3	2	<b>576</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	5	2	4	<b>544</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	3	4	2	<b>580</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	4	2	5	<b>624</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	3	2	<b>476</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	3	2	<b>476</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 173: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14



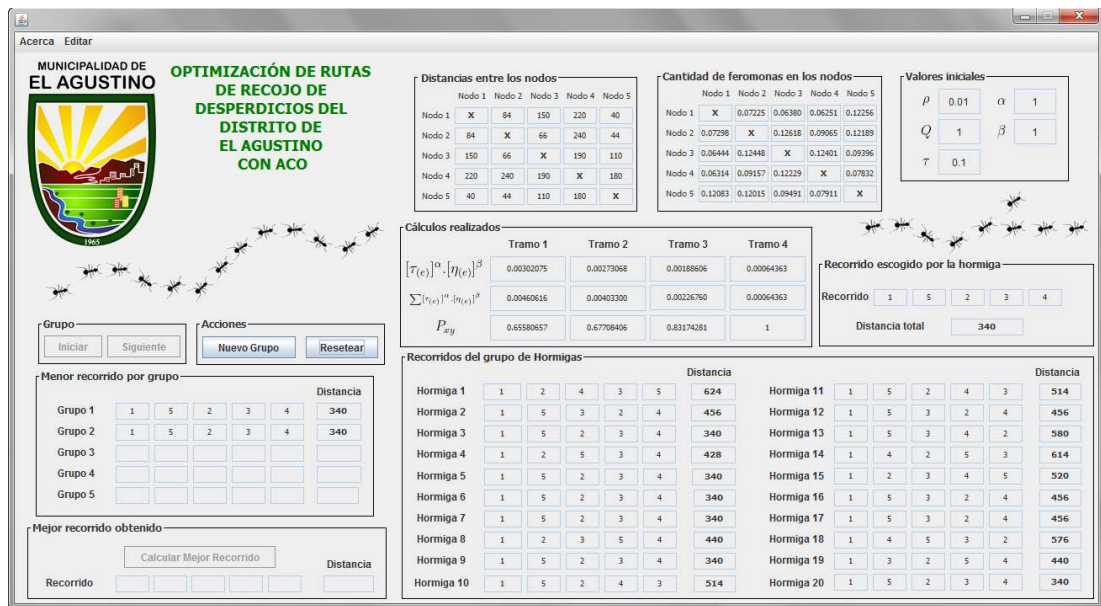
Fuente: Elaboración propia

Tabla 314: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 174: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14**



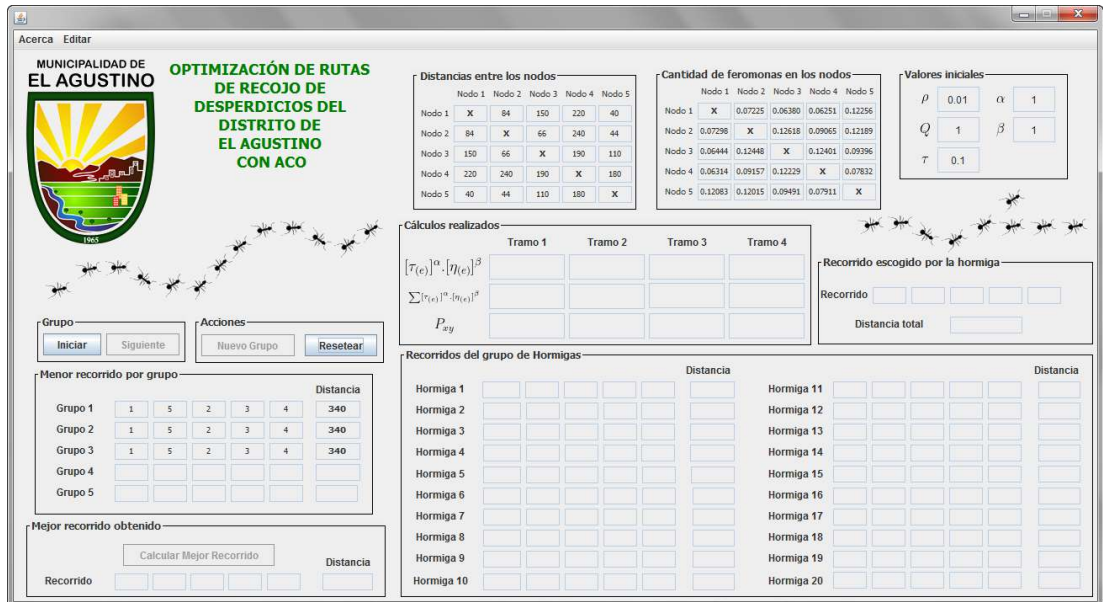
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 315: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	3	5	<b>624</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	5	3	4	<b>428</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	4	2	<b>580</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	2	5	3	<b>614</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>520</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	3	2	<b>576</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 175: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14



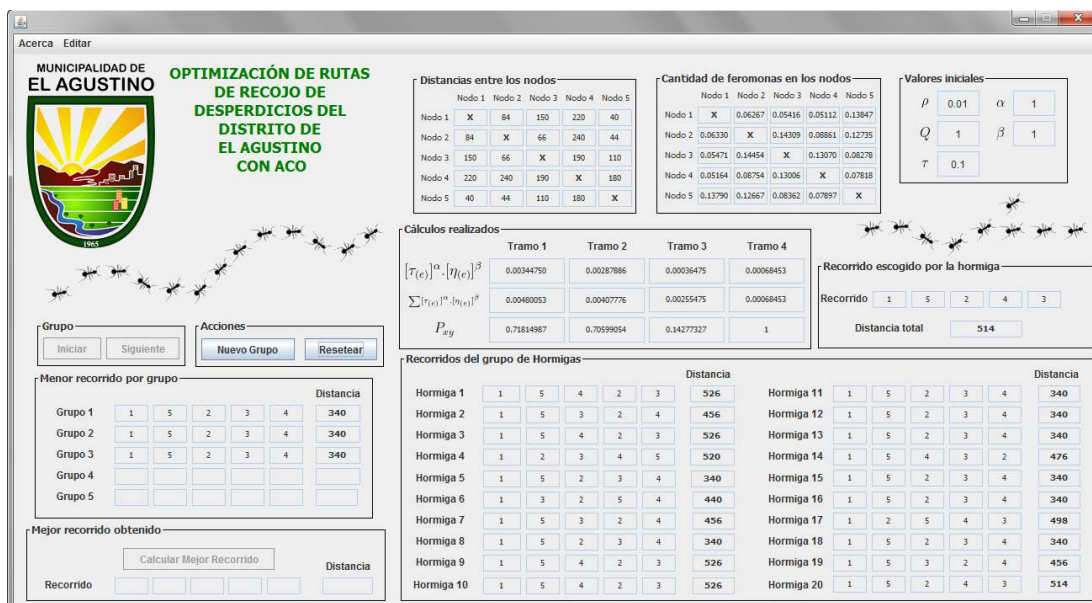
Fuente: Elaboración propia

Tabla 316: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 176: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 14



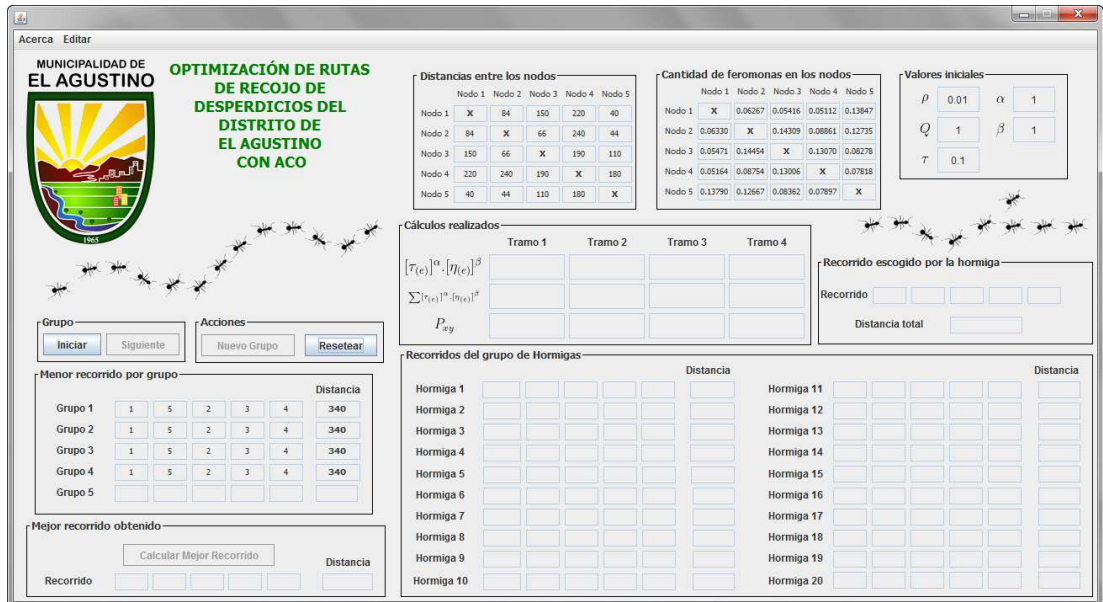
Fuente: Elaboración propia

Tabla 317: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	2	3	<b>526</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>526</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>520</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>526</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	2	3	<b>526</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	3	2	<b>476</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>498</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 177: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 14



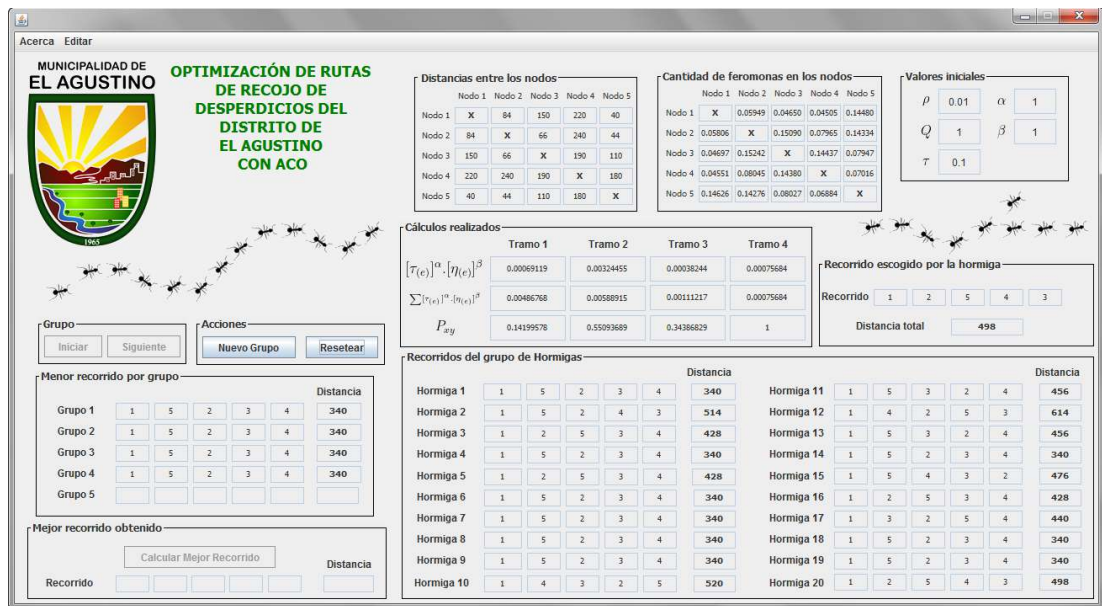
Fuente: Elaboración propia

Tabla 318: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 178: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14



Fuente: Elaboración propia

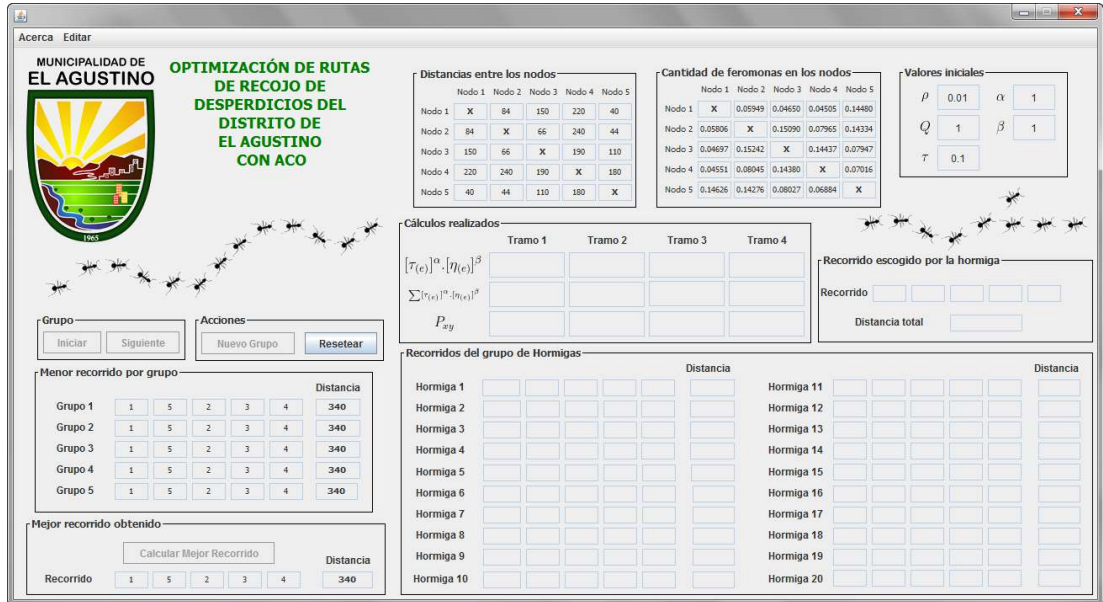
Tabla 319: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	2	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	5	3	4	<b>428</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	3	4	<b>428</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	4	3	2	5	<b>520</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	2	5	3	<b>614</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	2	4	<b>456</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>476</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	5	3	4	<b>428</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	5	4	<b>440</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	4	3	<b>498</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 179: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14



Fuente: Elaboración propia

Tabla 320: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 14

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>
<b>Grupo 5</b>	1	5	2	3	4	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 321: Mejor recorrido - Recorrido N° 14

1	2	3	4	5	Distancia
<b>U</b>	<b>T</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 2 anteriormente descritos (recorrido 13 y recorrido 14), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

**Tabla 322: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 6**

	<b>Nodo 1</b>	<b>Nodo 2</b>	<b>Nodo 3</b>	<b>Nodo 4</b>	<b>Nodo 5</b>	<b>Distancia</b>
<b>Recorrido 13</b>	U	G'	J'	M'	N'	<b>287</b>
<b>Recorrido 14</b>	U	T	N	O	S	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 323: Mejor recorrido – Sección N° 6**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Distancia</b>
<b>U</b>	<b>G'</b>	<b>J'</b>	<b>M'</b>	<b>N'</b>	<b>287</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.15. Recorrido N° 15 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 180: Ingresando datos Recorrido N° 15

**MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO**  
**OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO**

**Distancias entre los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	160	260	84	40
Nodo 2	160	X	60	120	130
Nodo 3	260	60	X	180	180
Nodo 4	84	120	180	X	44
Nodo 5	40	130	180	44	X

**Cantidad de feromonas en los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

**Valores iniciales**

$\rho$  0.01     $\alpha$  1  
 $Q$  1     $\beta$  1  
 $\tau$  0.1

**Cálculos realizados**

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$				
$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$				
$P_{xy}$				

**Registros del grupo de Hormigas**

Hormiga	Distancia	Hormiga	Distancia
Hormiga 1		Hormiga 11	
Hormiga 2		Hormiga 12	
Hormiga 3		Hormiga 13	
Hormiga 4		Hormiga 14	
Hormiga 5		Hormiga 15	
Hormiga 6		Hormiga 16	
Hormiga 7		Hormiga 17	
Hormiga 8		Hormiga 18	
Hormiga 9		Hormiga 19	
Hormiga 10		Hormiga 20	

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 324: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 15

Distancia	P	S'	T'	V'	W'
P	X	160	260	84	40
S'	160	X	60	120	130
T'	260	60	X	180	180
V'	84	120	180	X	44
W'	40	130	180	44	X

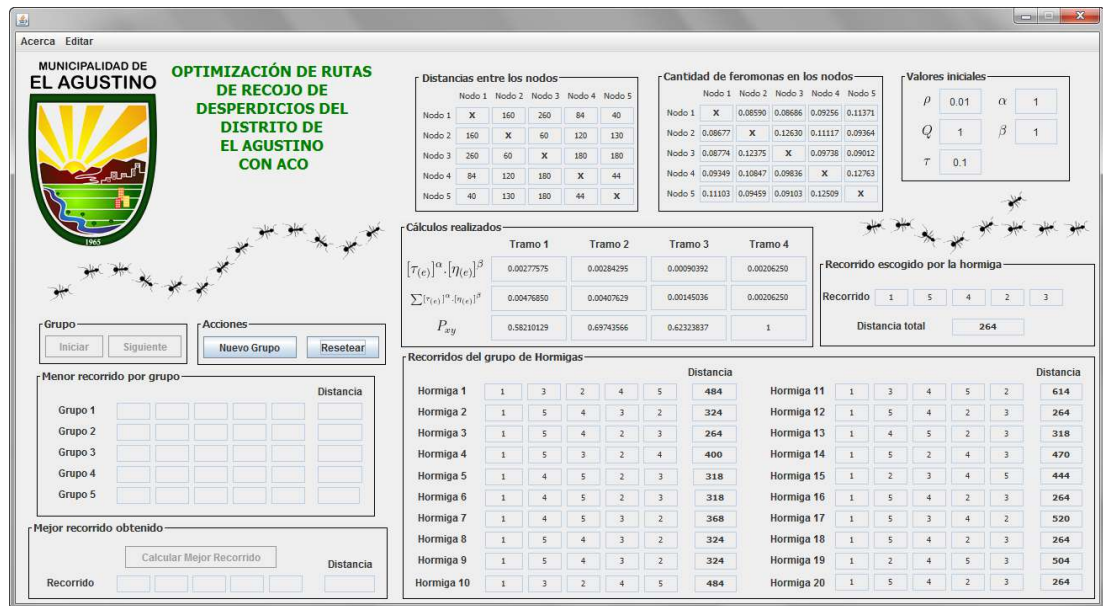
Fuente: Elaboración propia

Tabla 325: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 15

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 181: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15



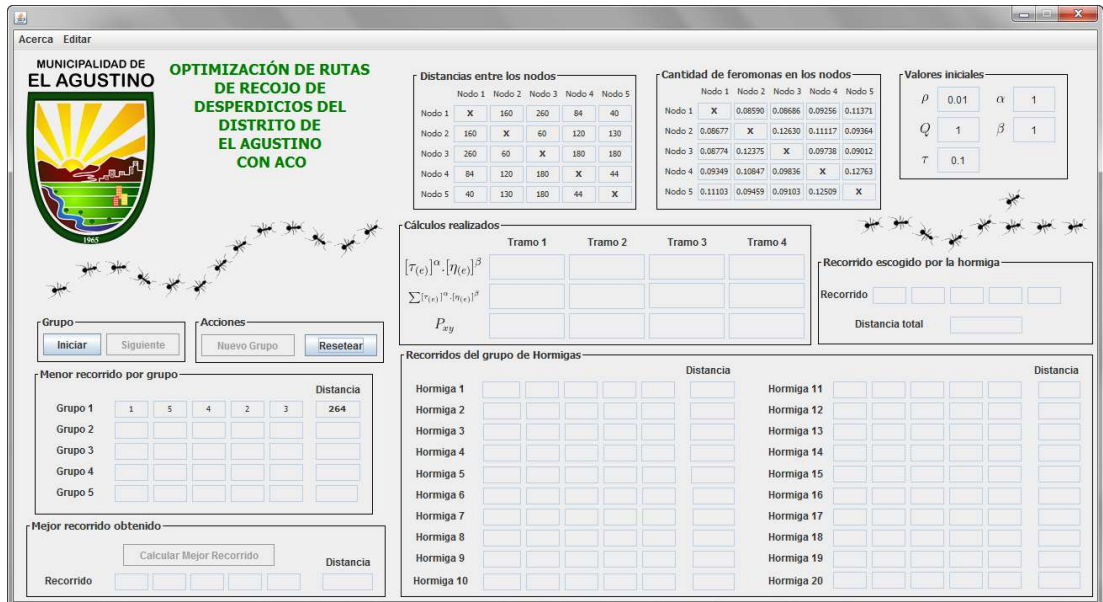
Fuente: Elaboración propia

Tabla 326: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
Hormiga 1	1	3	2	4	5	484
Hormiga 2	1	5	4	3	2	324
Hormiga 3	1	5	4	2	3	264
Hormiga 4	1	5	3	2	4	400
Hormiga 5	1	4	5	2	3	318
Hormiga 6	1	4	5	2	3	318
Hormiga 7	1	4	5	3	2	368
Hormiga 8	1	5	4	3	2	324
Hormiga 9	1	5	4	3	2	324
Hormiga 10	1	3	2	4	5	484
Hormiga 11	1	3	4	5	2	614
Hormiga 12	1	5	4	2	3	264
Hormiga 13	1	4	5	2	3	318
Hormiga 14	1	5	2	4	3	470
Hormiga 15	1	2	3	4	5	444
Hormiga 16	1	5	4	2	3	264
Hormiga 17	1	5	3	4	2	520
Hormiga 18	1	5	4	2	3	264
Hormiga 19	1	2	4	5	3	504
Hormiga 20	1	5	4	2	3	264

Fuente: Elaboración propia

Figura 182: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15



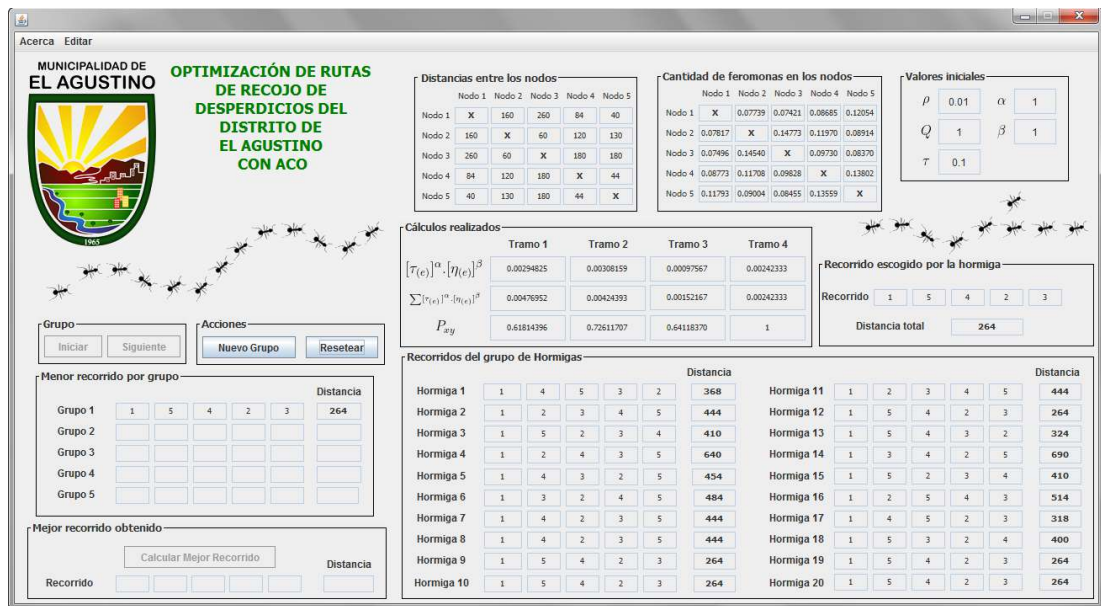
Fuente: Elaboración propia

Tabla 327: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 183: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15



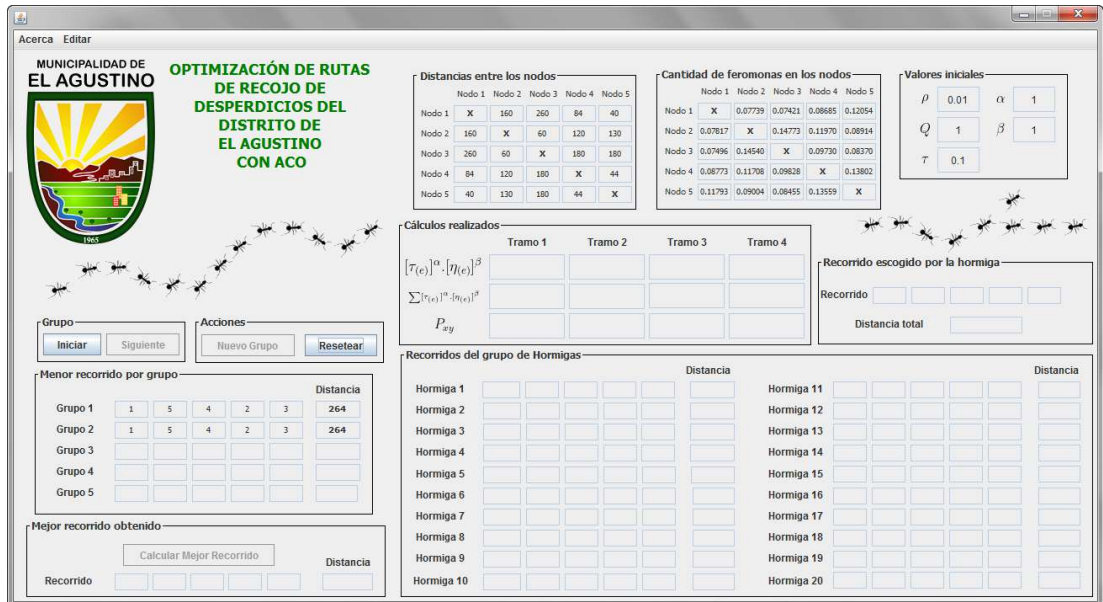
Fuente: Elaboración propia

Tabla 328: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	3	2	<b>368</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>444</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	3	4	<b>410</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	3	5	<b>640</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	3	2	5	<b>454</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	2	4	5	<b>484</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	2	3	5	<b>444</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	2	3	5	<b>444</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>444</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	4	2	5	<b>690</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	2	3	4	<b>410</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	5	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	4	5	2	3	<b>318</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 184: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15



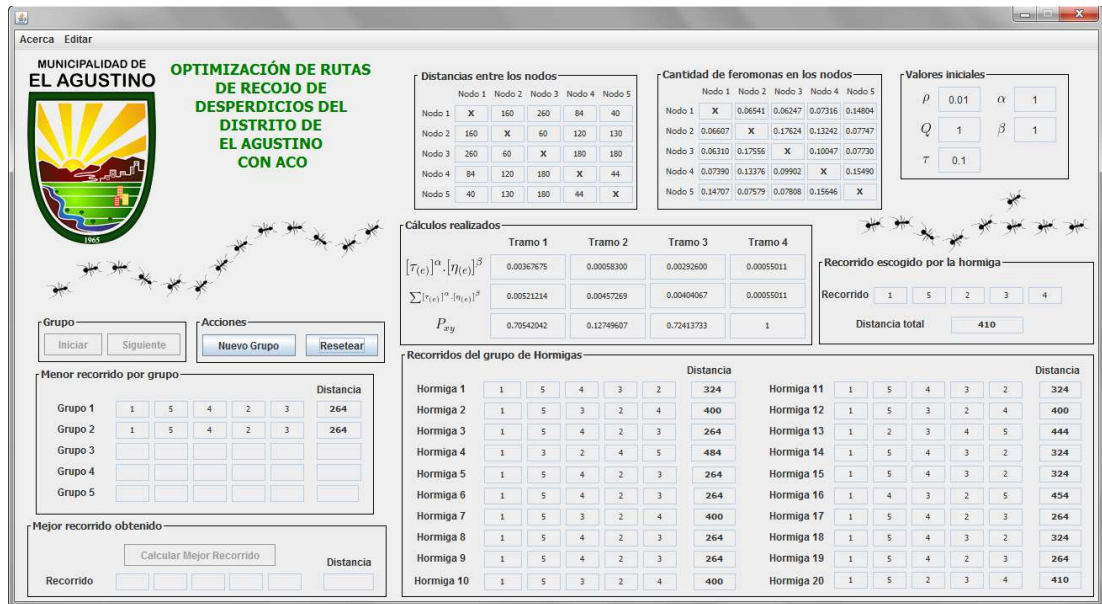
Fuente: Elaboración propia

Tabla 329: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 185: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15



Fuente: Elaboración propia

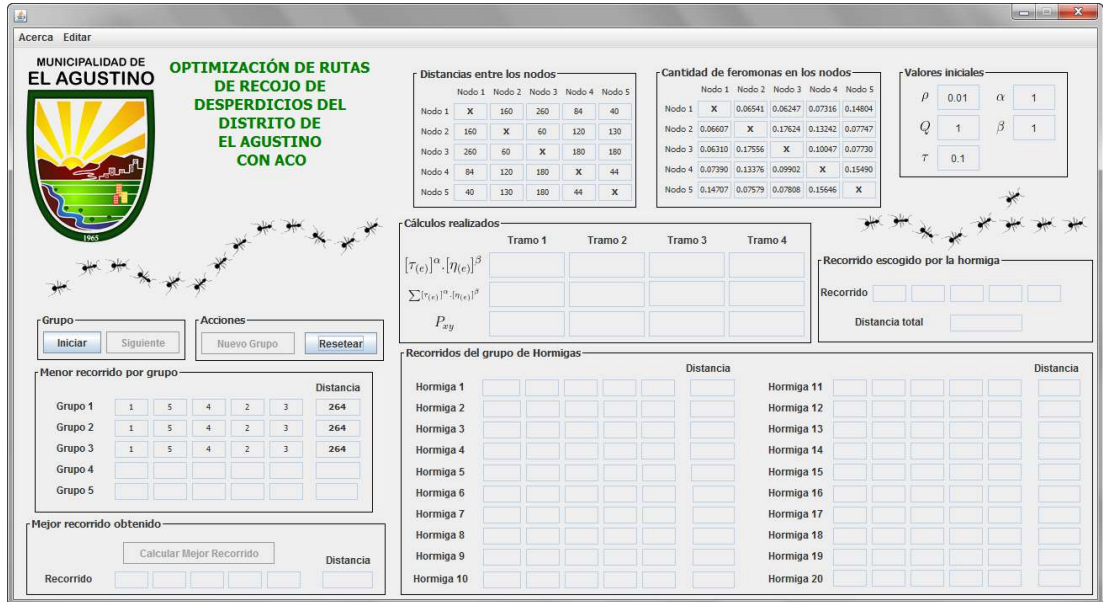
Tabla 330: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	2	4	5	<b>484</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>444</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	3	2	5	<b>454</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	2	3	4	<b>410</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 186: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15



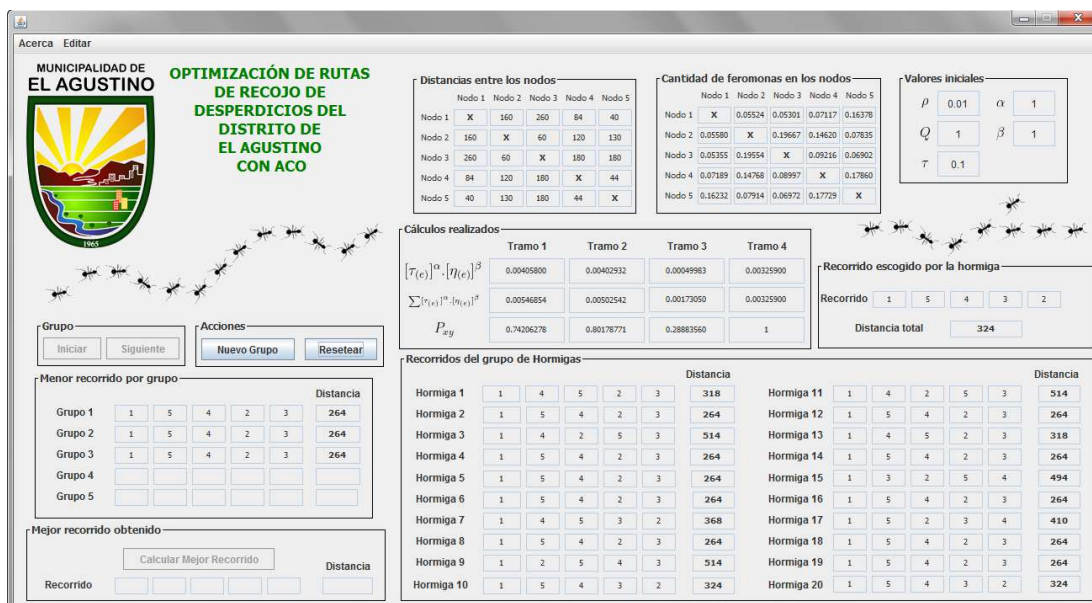
Fuente: Elaboración propia

Tabla 331: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 187: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 15



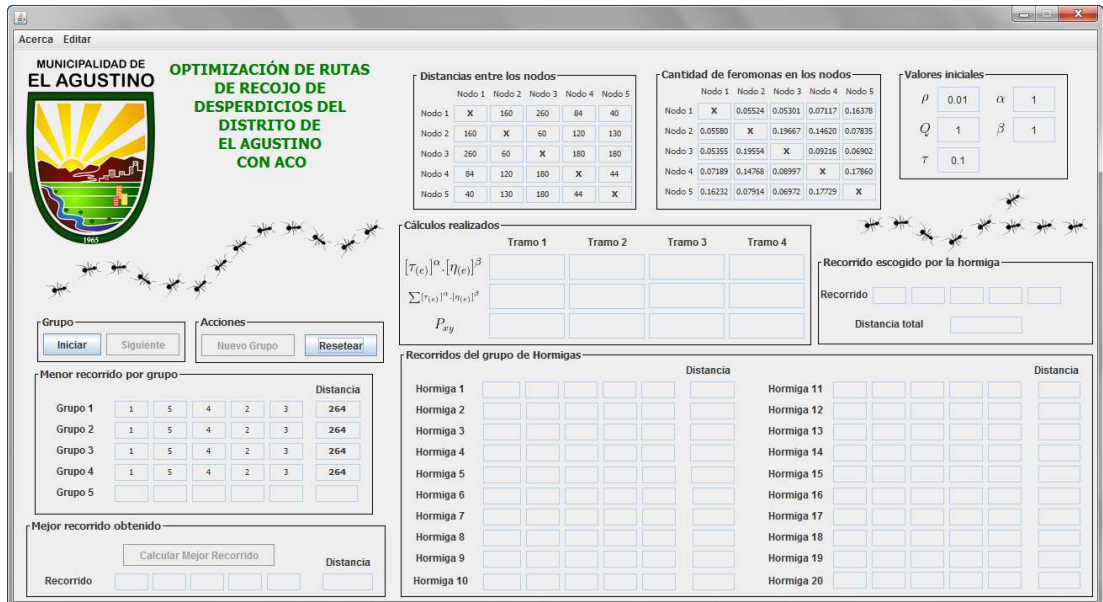
Fuente: Elaboración propia

Tabla 332: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	2	3	<b>318</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	2	5	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	3	2	<b>368</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	5	4	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	2	5	3	<b>514</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	5	2	3	<b>318</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	5	4	<b>494</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	2	3	4	<b>410</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 188: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 15



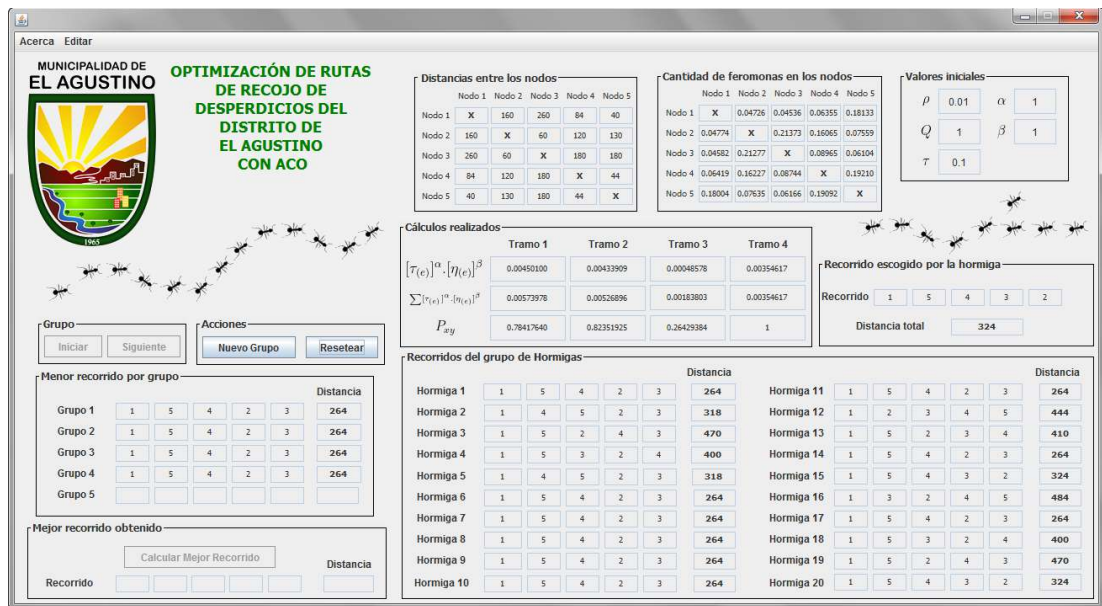
Fuente: Elaboración propia

Tabla 333: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 189: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15



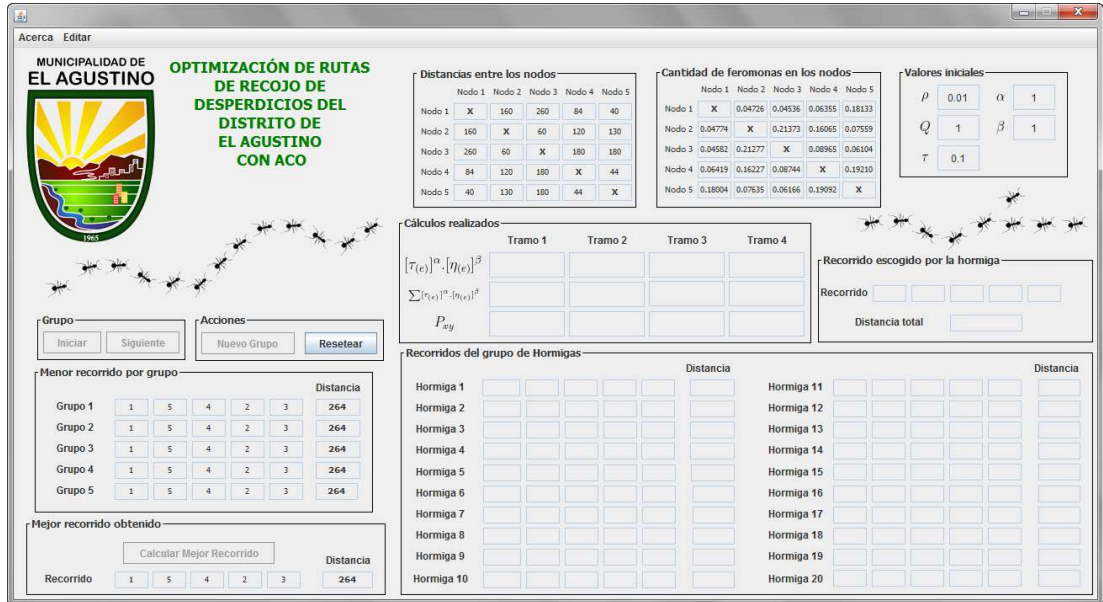
Fuente: Elaboración propia

Tabla 334: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	5	2	3	<b>318</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	4	3	<b>470</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	5	2	3	<b>318</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>444</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	2	3	4	<b>410</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	4	5	<b>484</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	5	3	2	4	<b>400</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	2	4	3	<b>470</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	3	2	<b>324</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 190: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15



Fuente: Elaboración propia

Tabla 335: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 15

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 2</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 3</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 4</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>
<b>Grupo 5</b>	1	5	4	2	3	<b>264</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 336: Mejor recorrido - Recorrido N° 15

1	2	3	4	5	Distancia
<b>P</b>	<b>W'</b>	<b>V'</b>	<b>S'</b>	<b>T'</b>	<b>264</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.16. Recorrido N° 16 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 191: Ingresando datos Recorrido N° 16

**MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO**  
**OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOJO DE DESPERDICIOS DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO CON ACO**

**Distancias entre los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	40	84	200	280
Nodo 2	40	X	44	150	240
Nodo 3	84	44	X	110	180
Nodo 4	200	150	110	X	83
Nodo 5	280	240	180	83	X

**Cantidad de feromonas en los nodos**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5
Nodo 1	X	0.1	0.1	0.1	0.1
Nodo 2	0.1	X	0.1	0.1	0.1
Nodo 3	0.1	0.1	X	0.1	0.1
Nodo 4	0.1	0.1	0.1	X	0.1
Nodo 5	0.1	0.1	0.1	0.1	X

**Valores iniciales**

$\rho$  0.01     $\alpha$  1  
 $Q$  1     $\beta$  1  
 $\tau$  0.1

**Cálculos realizados**

Tramo 1    Tramo 2    Tramo 3    Tramo 4

$[\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$\sum [\tau(e)]^\alpha \cdot [\eta(e)]^\beta$

$P_{xy}$

**Registros del grupo de Hormigas**

Hormiga	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Distancia
Hormiga 1					
Hormiga 2					
Hormiga 3					
Hormiga 4					
Hormiga 5					
Hormiga 6					
Hormiga 7					
Hormiga 8					
Hormiga 9					
Hormiga 10					
Hormiga 11					
Hormiga 12					
Hormiga 13					
Hormiga 14					
Hormiga 15					
Hormiga 16					
Hormiga 17					
Hormiga 18					
Hormiga 19					
Hormiga 20					

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 337: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 16

Distancia	P	W'	V'	U'	T'
P	X	40	84	200	280
W'	40	X	44	150	240
V'	84	44	X	110	180
U'	200	150	110	X	83
T'	280	240	180	83	X

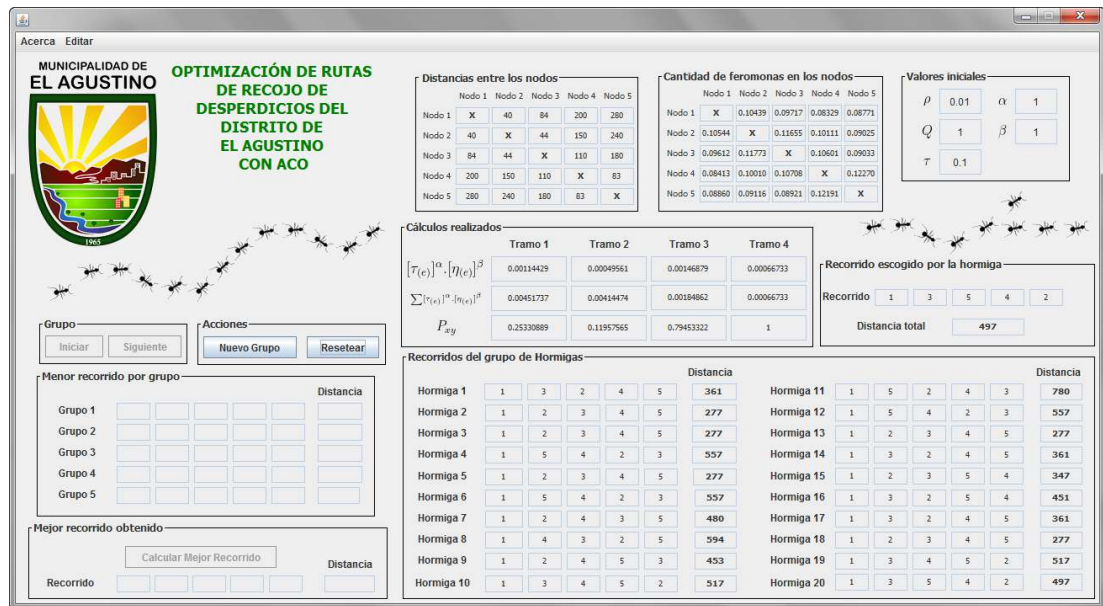
Fuente: Elaboración propia

Tabla 338: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 16

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau(e)$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 192: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16



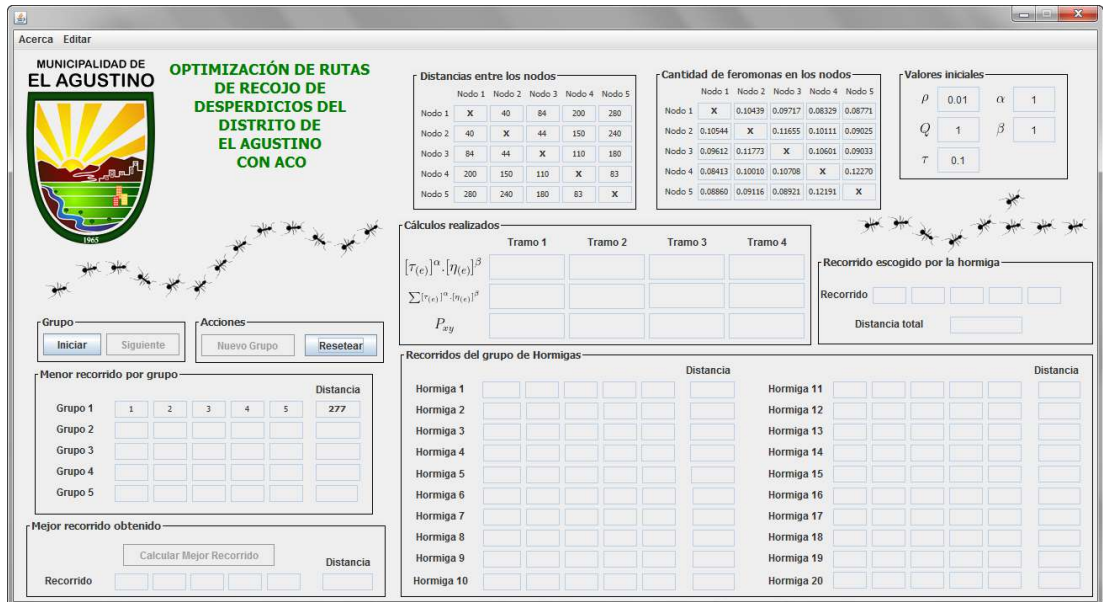
Fuente: Elaboración propia

Tabla 339: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	2	3	<b>557</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>557</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	3	2	5	<b>594</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	5	3	<b>453</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	4	5	2	<b>517</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	4	5	2	<b>610</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>490</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	5	4	3	<b>500</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>340</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 193: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16



Fuente: Elaboración propia

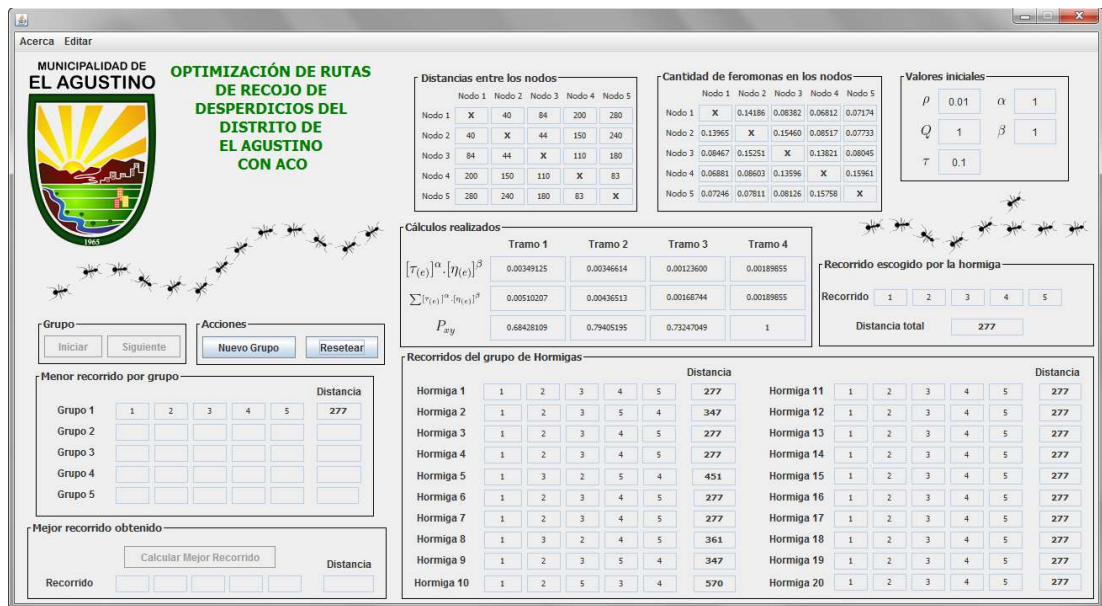
Tabla 340: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Figura 194: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16



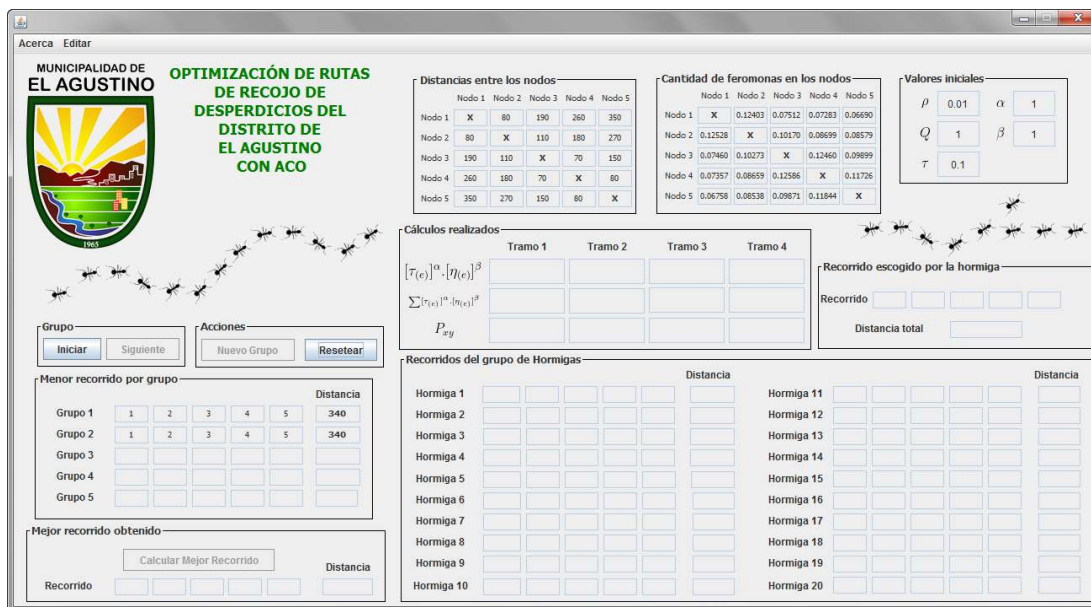
Fuente: Elaboración propia

Tabla 341: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	5	4	<b>451</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	5	3	4	<b>570</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 195: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16



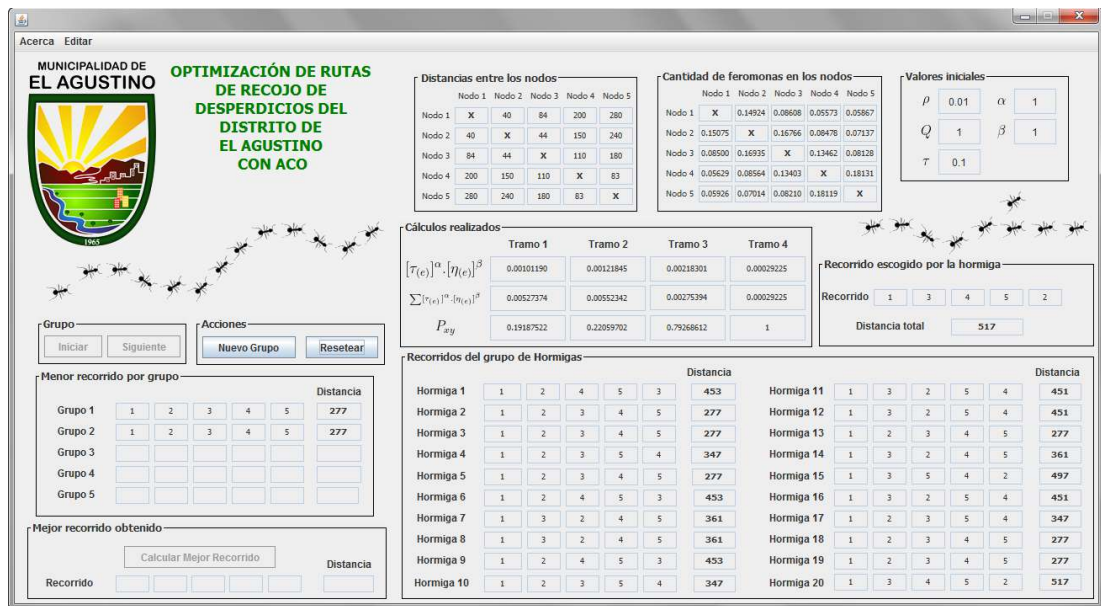
Fuente: Elaboración propia

Tabla 342: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 196: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16



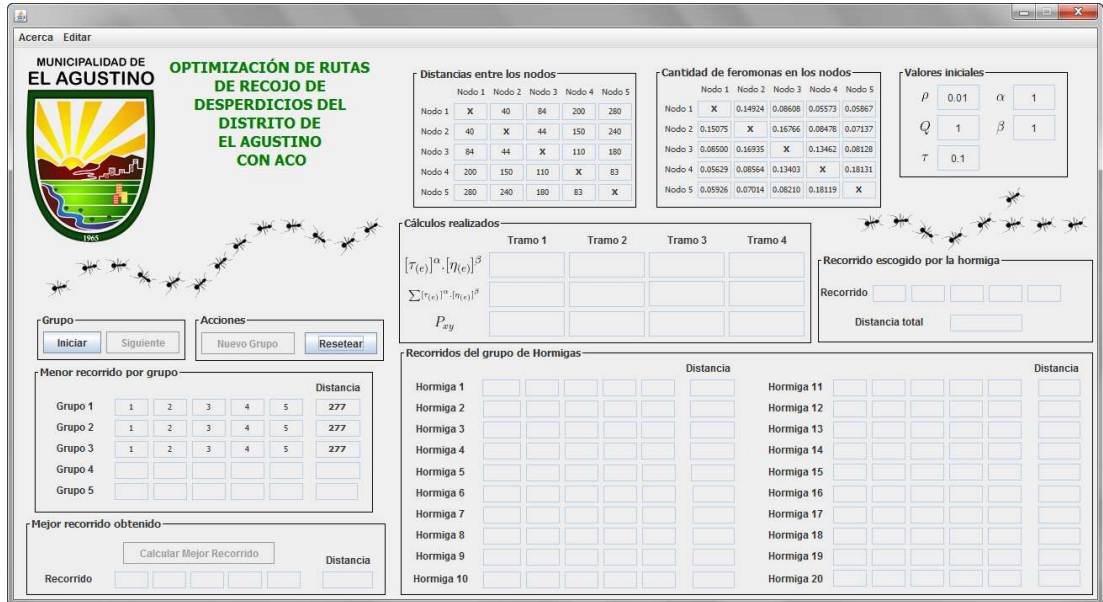
Fuente: Elaboración propia

Tabla 343: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	5	3	<b>453</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	5	3	<b>453</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	5	3	<b>453</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	5	4	<b>451</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	3	2	5	4	<b>451</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	5	4	2	<b>497</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	5	4	<b>451</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	4	5	2	<b>517</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 197: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16



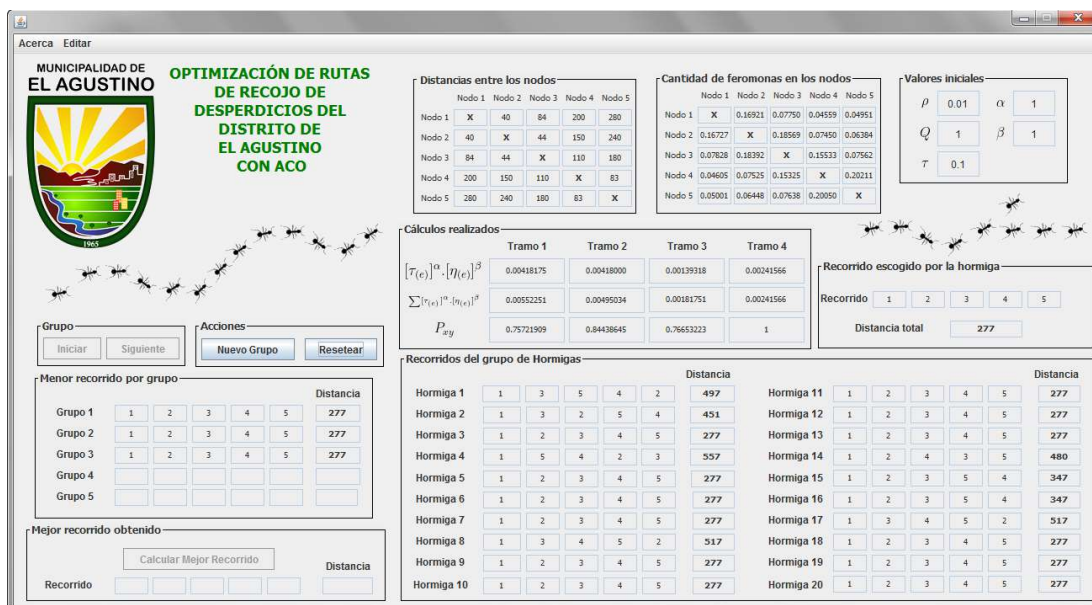
Fuente: Elaboración propia

Tabla 344: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 198: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 16**



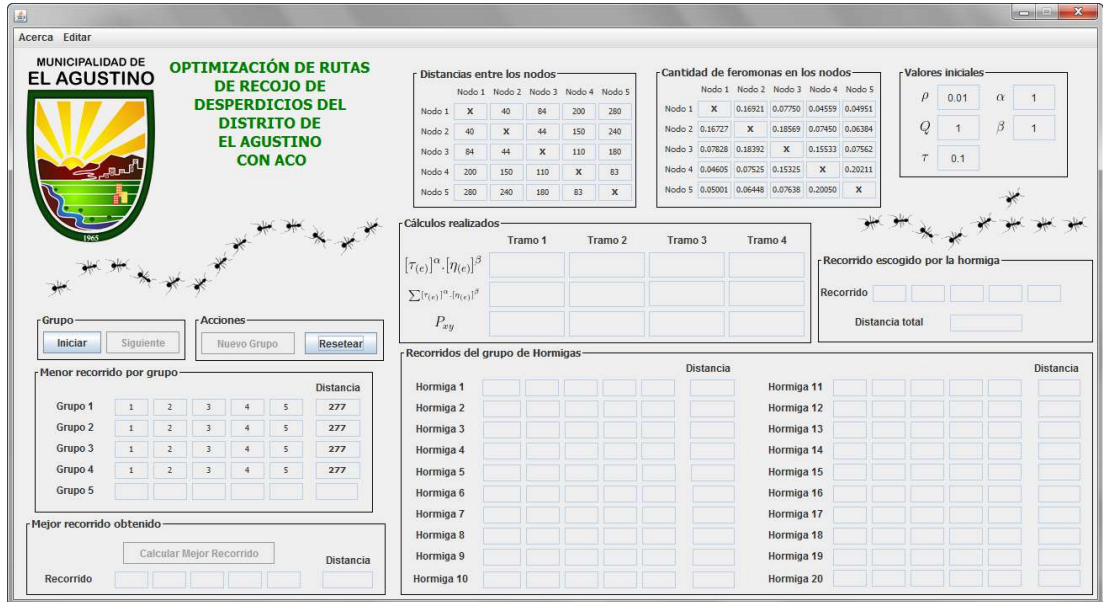
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 345: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 16**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	5	4	2	<b>497</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	2	5	4	<b>451</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	2	3	<b>557</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	4	5	2	<b>517</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	3	5	<b>480</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	4	5	2	<b>517</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 199: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 16



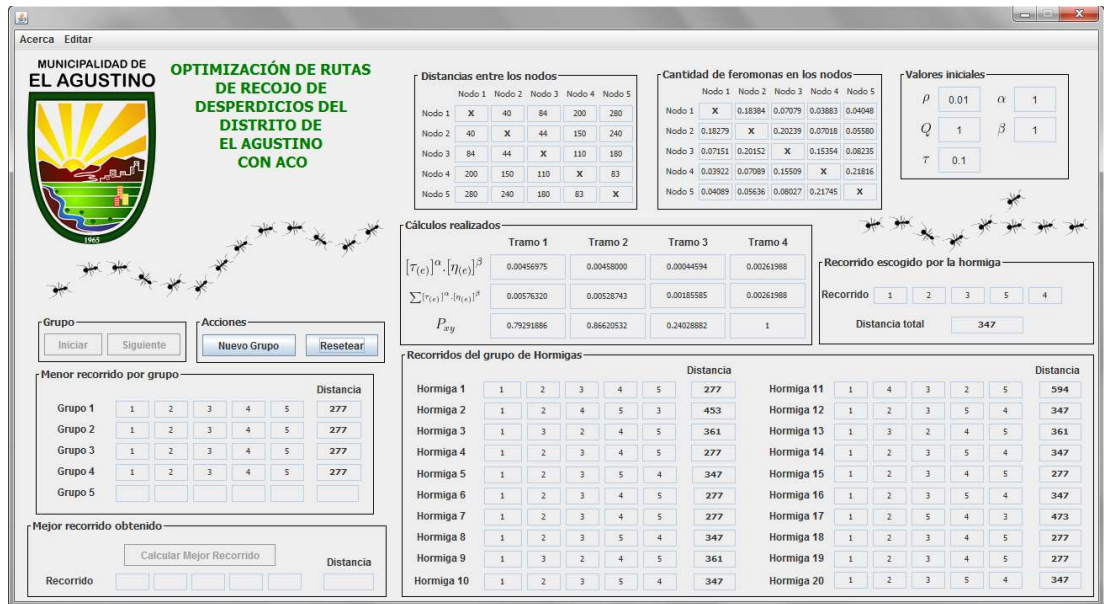
Fuente: Elaboración propia

Tabla 346: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 200: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16**



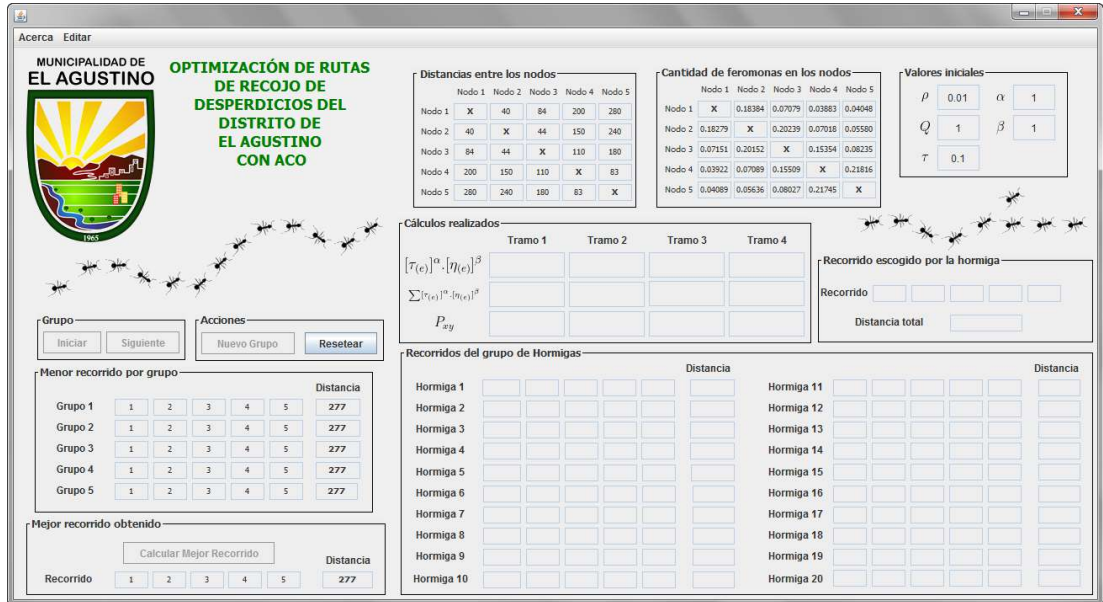
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 347: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>453</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	3	2	5	<b>594</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	4	5	<b>361</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>473</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	5	4	<b>347</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 201: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16



Fuente: Elaboración propia

Tabla 348: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 16

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>277</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 349: Mejor recorrido - Recorrido N° 16

1	2	3	4	5	Distancia
<b>P</b>	<b>W'</b>	<b>V'</b>	<b>U'</b>	<b>T'</b>	<b>277</b>

Fuente: Elaboración propia



- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 2 anteriormente descritos (recorrido 15 y recorrido 16), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo inicial para los cálculos de los siguientes recorridos.

**Tabla 350: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 7**

	<b>Nodo 1</b>	<b>Nodo 2</b>	<b>Nodo 3</b>	<b>Nodo 4</b>	<b>Nodo 5</b>	<b>Distancia</b>
<b>Recorrido 15</b>	P	W'	V'	S'	T'	<b>264</b>
<b>Recorrido 16</b>	P	W'	V'	U'	T'	<b>277</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 351: Mejor recorrido – Sección N° 7**

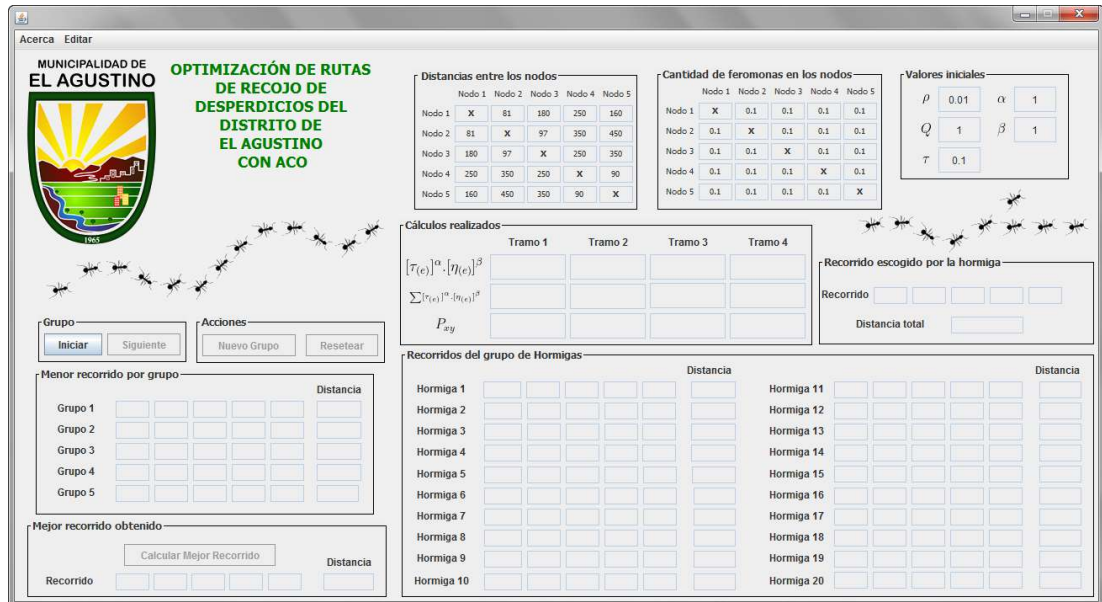
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Distancia</b>
<b>P</b>	<b>W'</b>	<b>V'</b>	<b>S'</b>	<b>T'</b>	<b>264</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.17. Recorrido N° 17 de Villa Hermosa

#### a. Ingreso de Datos

Figura 202: Ingresando datos Recorrido N° 17



Fuente: Elaboración propia

#### b. Análisis de Datos

Tabla 352: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 17

Distancia	T'	C'	D'	Z'	A''
T'	X	81	180	250	160
C'	81	X	97	350	450
D'	180	87	X	250	350
Z'	250	350	250	X	90
A''	160	450	350	90	X

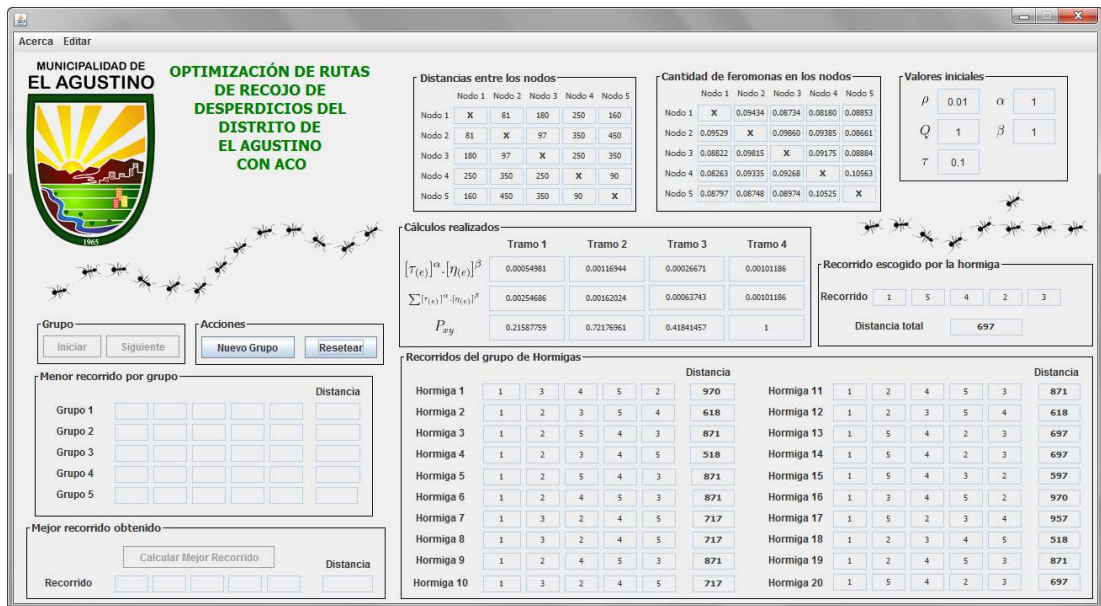
Fuente: Elaboración propia

Tabla 353: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 17

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 203: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17



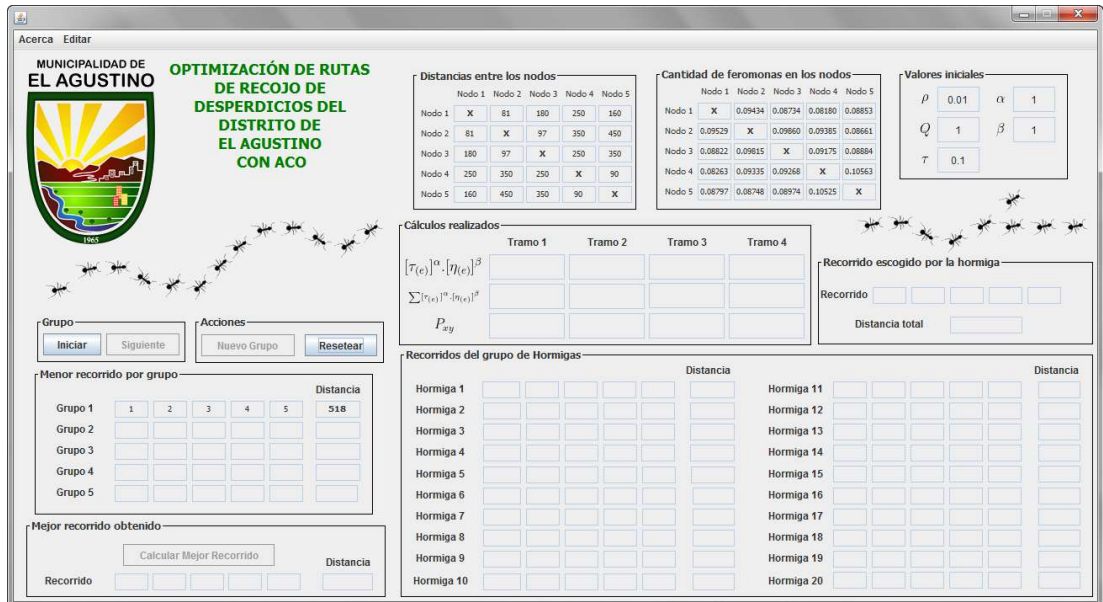
Fuente: Elaboración propia

Tabla 354: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	5	2	<b>970</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	5	4	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	5	4	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>597</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	4	5	2	<b>970</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	5	2	3	4	<b>957</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 204: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17



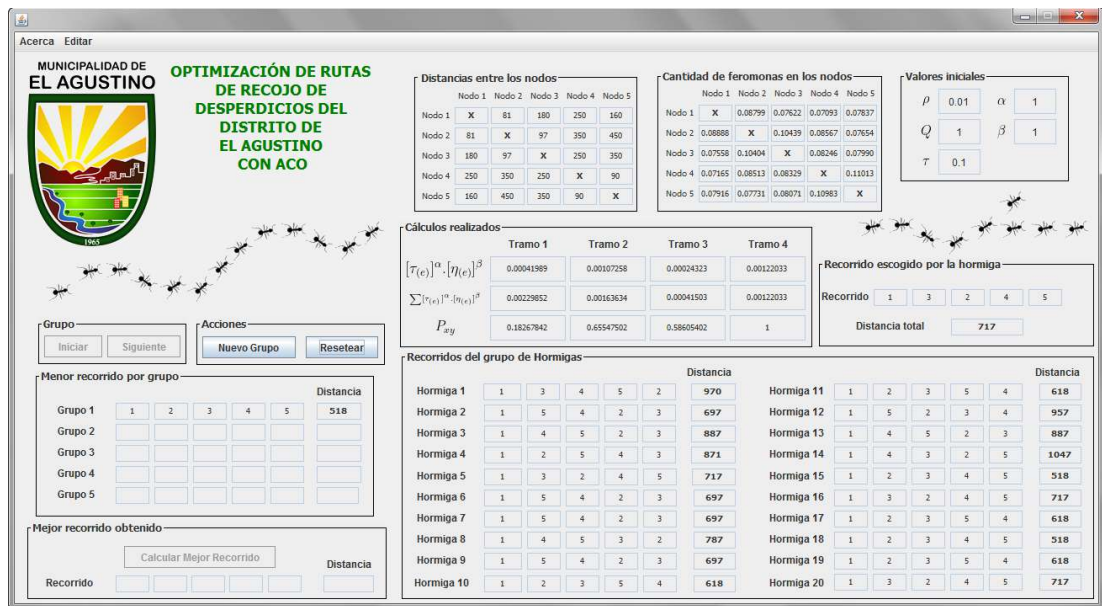
Fuente: Elaboración propia

Tabla 355: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 205: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17



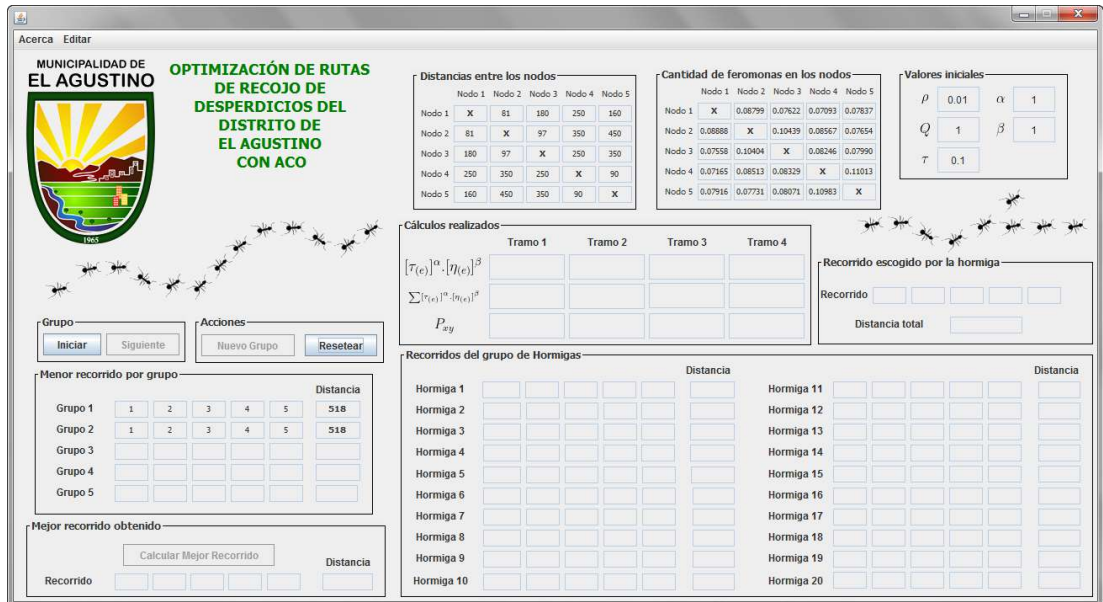
Fuente: Elaboración propia

Tabla 356: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	4	5	2	<b>970</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	5	2	3	<b>887</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	5	4	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	5	3	2	<b>787</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	5	2	3	4	<b>957</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	4	5	2	3	<b>887</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	3	2	5	<b>1047</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 206: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17



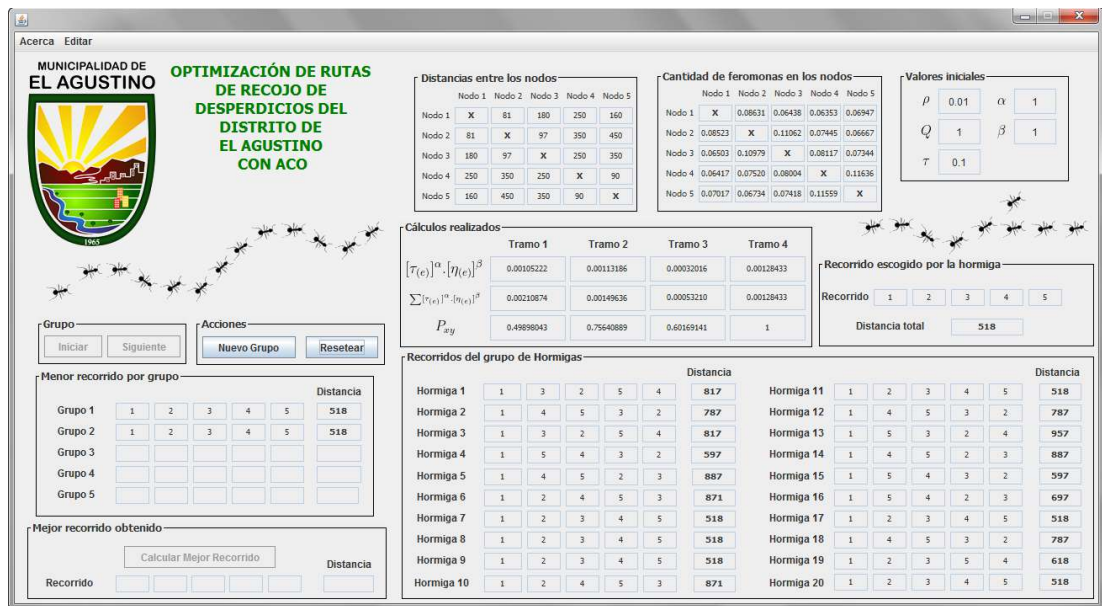
Fuente: Elaboración propia

Tabla 357: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 207: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17



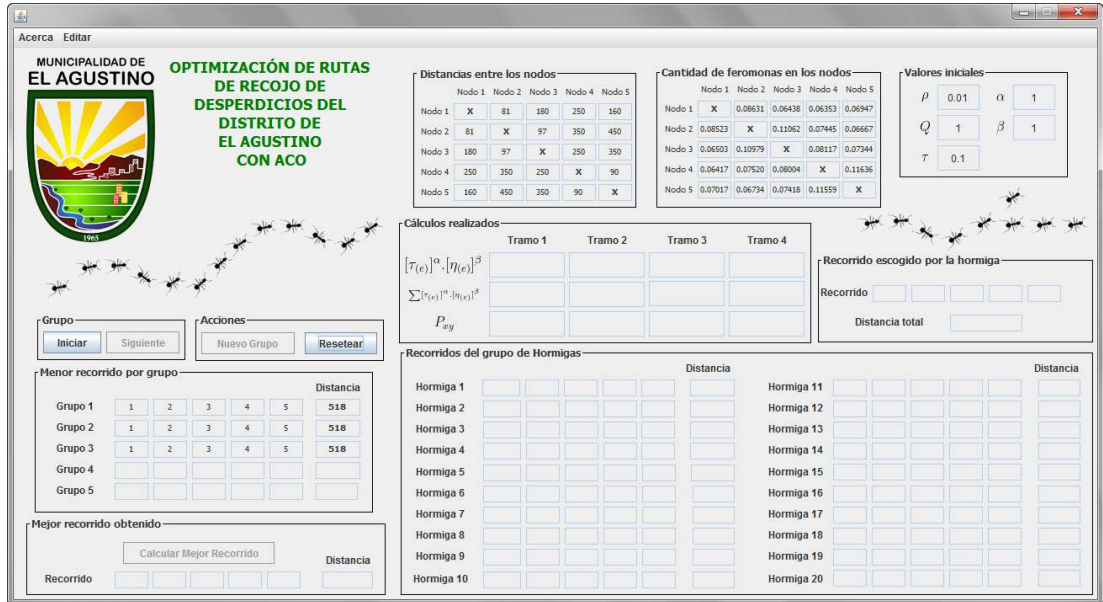
Fuente: Elaboración propia

Tabla 358: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	3	2	5	4	<b>817</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	4	5	3	2	<b>787</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	5	4	<b>817</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	5	4	3	2	<b>597</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	4	5	2	3	<b>887</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	5	<b>871</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	5	3	2	<b>787</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	3	2	4	<b>957</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	5	2	3	<b>887</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>597</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	4	5	3	2	<b>787</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 208: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17



Fuente: Elaboración propia

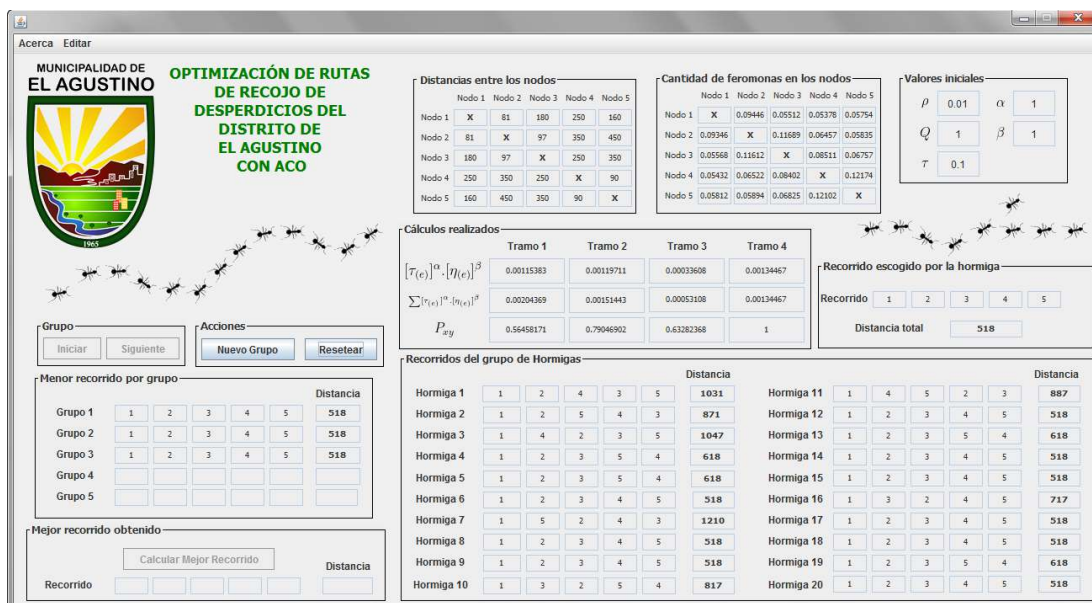
Tabla 359: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia



Figura 209: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 17



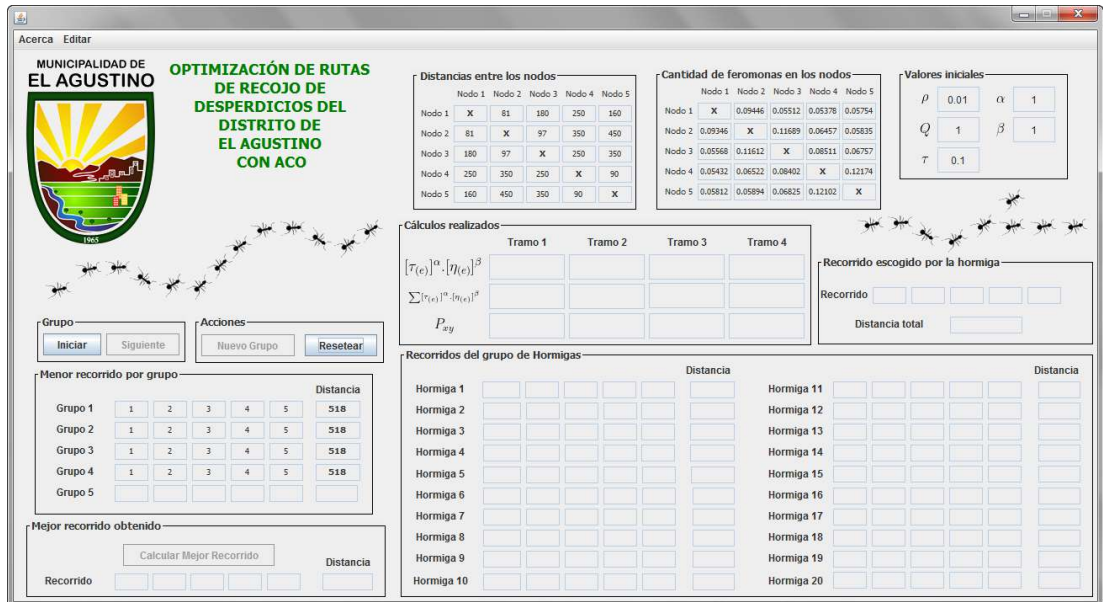
Fuente: Elaboración propia

Tabla 360: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	4	3	5	<b>1031</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	5	4	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	4	2	3	5	<b>1047</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	5	2	4	3	<b>1210</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	3	2	5	4	<b>817</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	4	5	2	3	<b>887</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 210: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 17



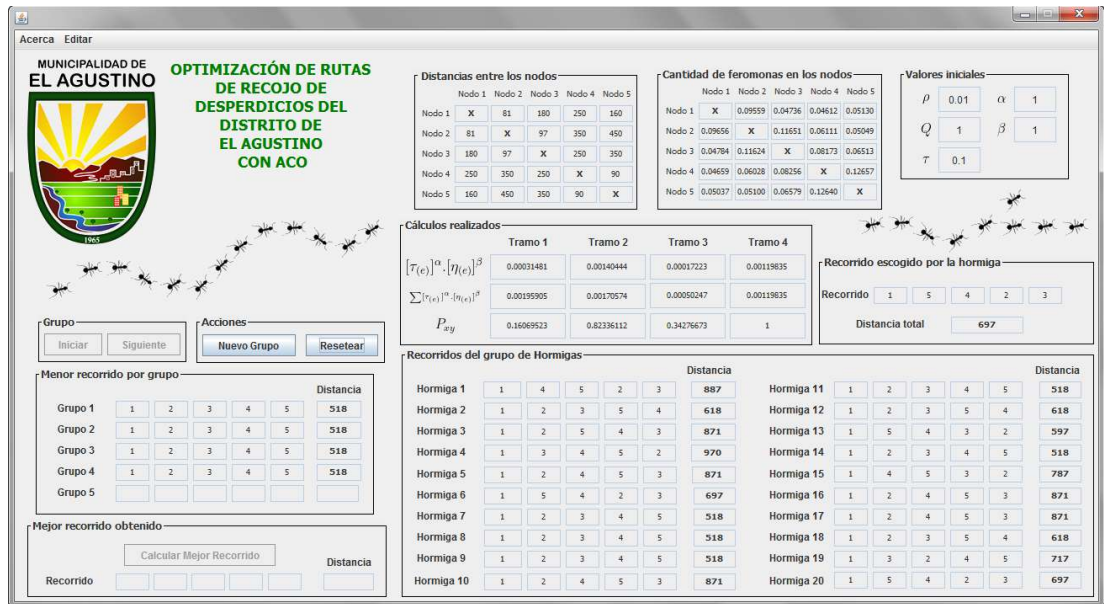
Fuente: Elaboración propia

Tabla 361: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 211: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17



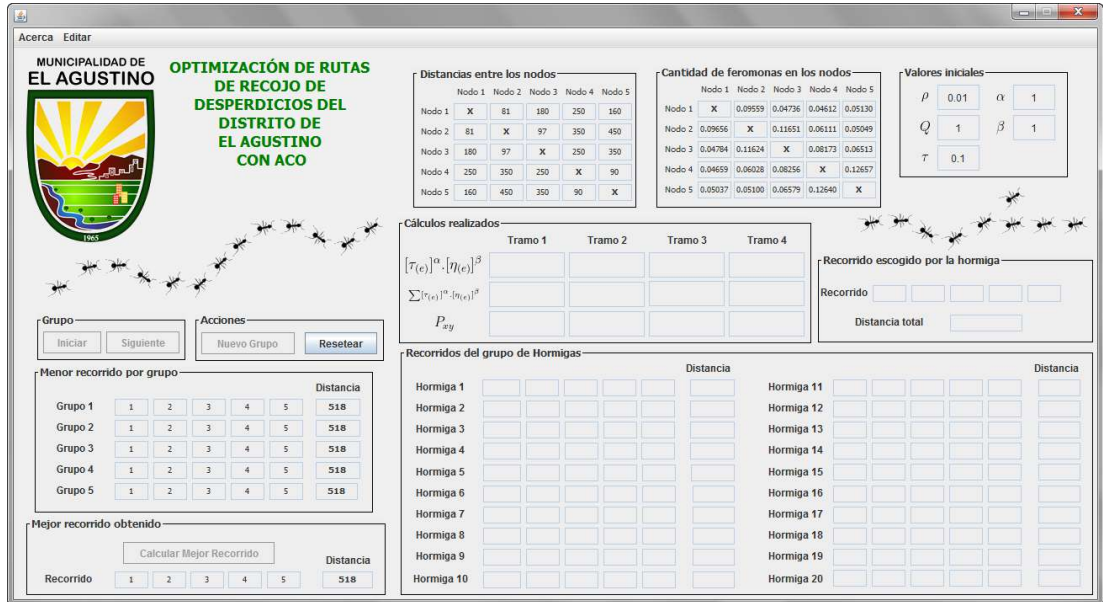
Fuente: Elaboración propia

Tabla 362: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	5	2	3	<b>887</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	5	4	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	4	5	2	<b>970</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	3	2	<b>597</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	4	5	3	2	<b>787</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	4	5	3	<b>871</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	5	4	<b>618</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	2	4	5	<b>717</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	5	4	2	3	<b>697</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 212: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17



Fuente: Elaboración propia

Tabla 363: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 17

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>518</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 364: Mejor recorrido - Recorrido N° 17

1	2	3	4	5	Distancia
<b>T'</b>	<b>C'</b>	<b>D'</b>	<b>Z'</b>	<b>A''</b>	<b>518</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.18. Recorrido N° 18 de Villa Hermosa

### a. Ingreso de Datos

Figura 213: Ingresando datos Recorrido N° 18

Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de Datos

Tabla 365: Tabla de puntos críticos (nodos) - Recorrido N° 18

Distancia	T'	U'	X'	Y'	Z'
T'	X	80	190	270	270
U'	80	X	110	180	180
X'	190	110	X	71	150
Y'	270	180	71	X	75
Z'	270	180	150	75	X

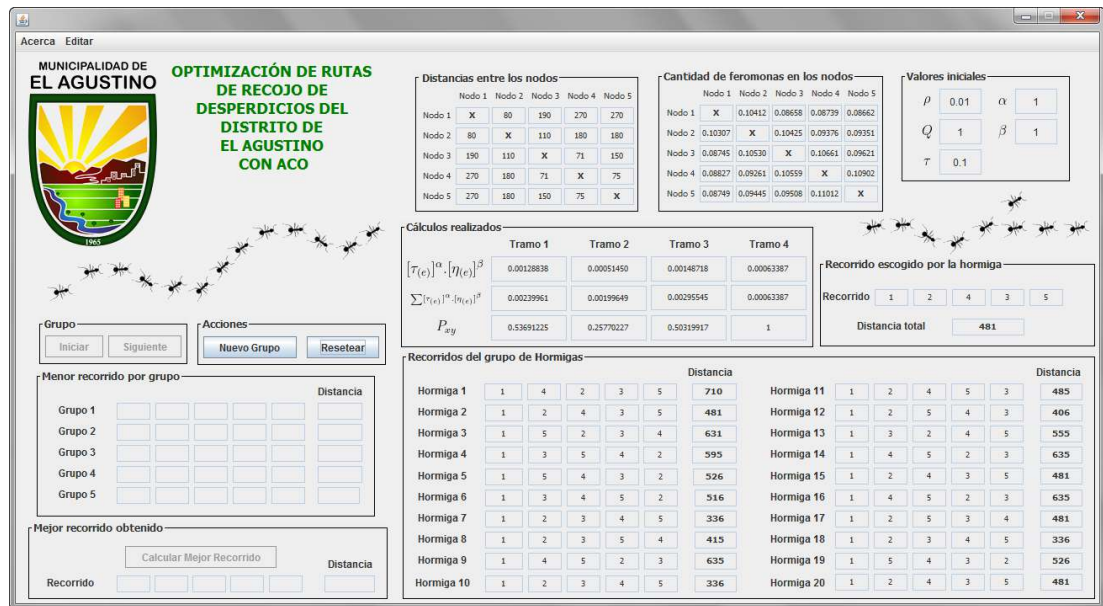
Fuente: Elaboración propia

Tabla 366: Tabla de parámetros iniciales – Recorrido N° 18

Parámetros Iniciales		
Feromonas $\tau_{(e)}$	Beta ( $\beta$ )	Alfa ( $\alpha$ )
0.1	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 214: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18



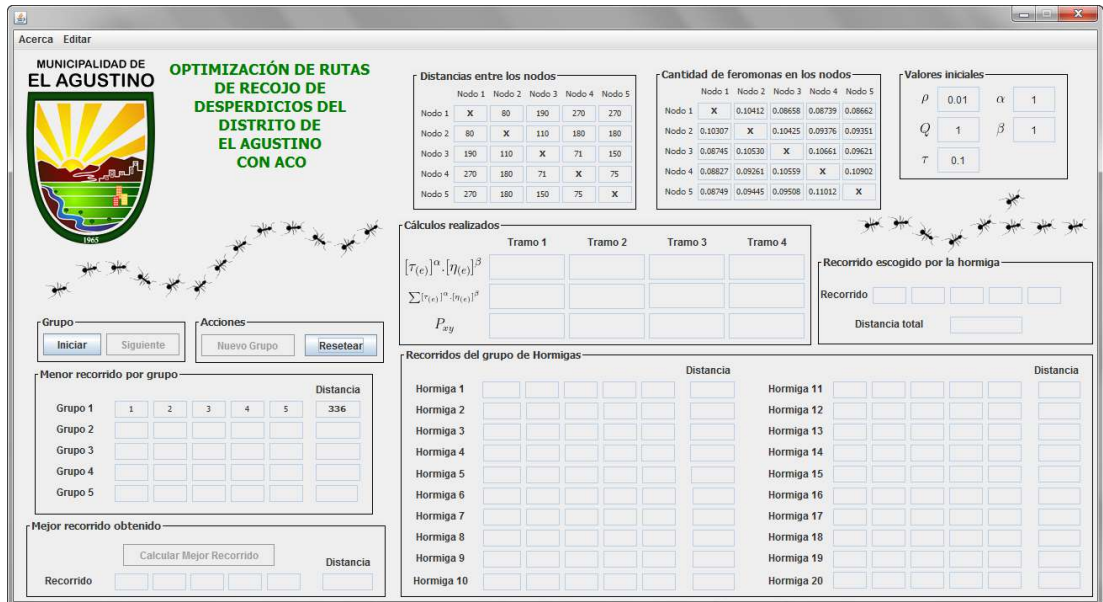
Fuente: Elaboración propia

Tabla 367: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>710</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	5	2	3	4	<b>631</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	3	5	4	2	<b>595</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	5	4	3	2	<b>526</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	3	4	5	2	<b>516</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	5	2	3	<b>635</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	5	2	3	<b>635</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	5	2	3	<b>635</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	3	4	<b>481</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>526</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 215: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18



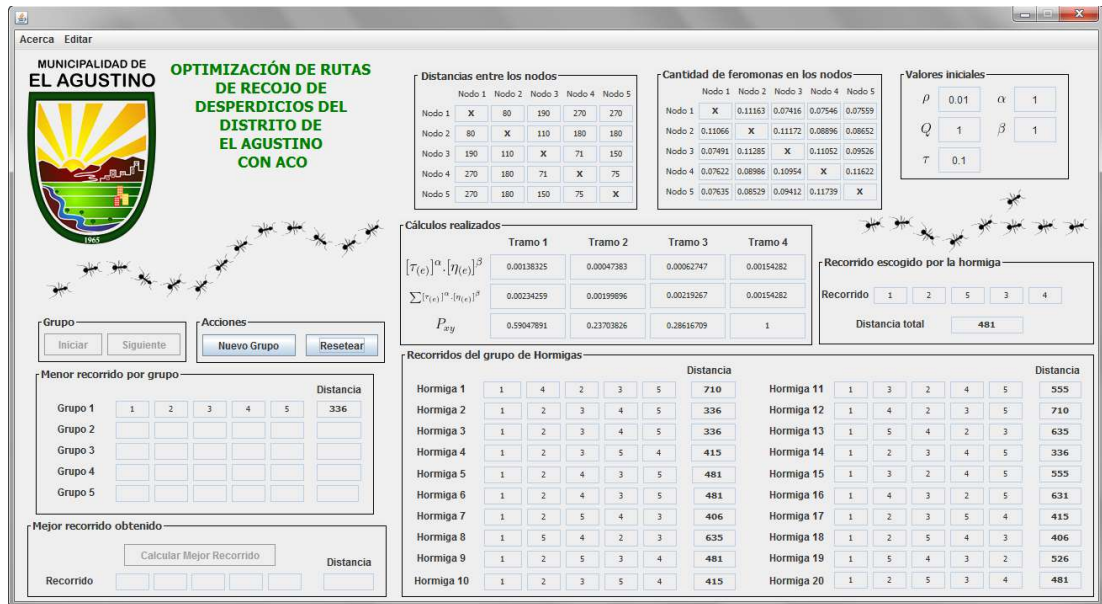
Fuente: Elaboración propia

Tabla 368: Menor recorrido - Grupo N° 1 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 2</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 216: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18



Fuente: Elaboración propia

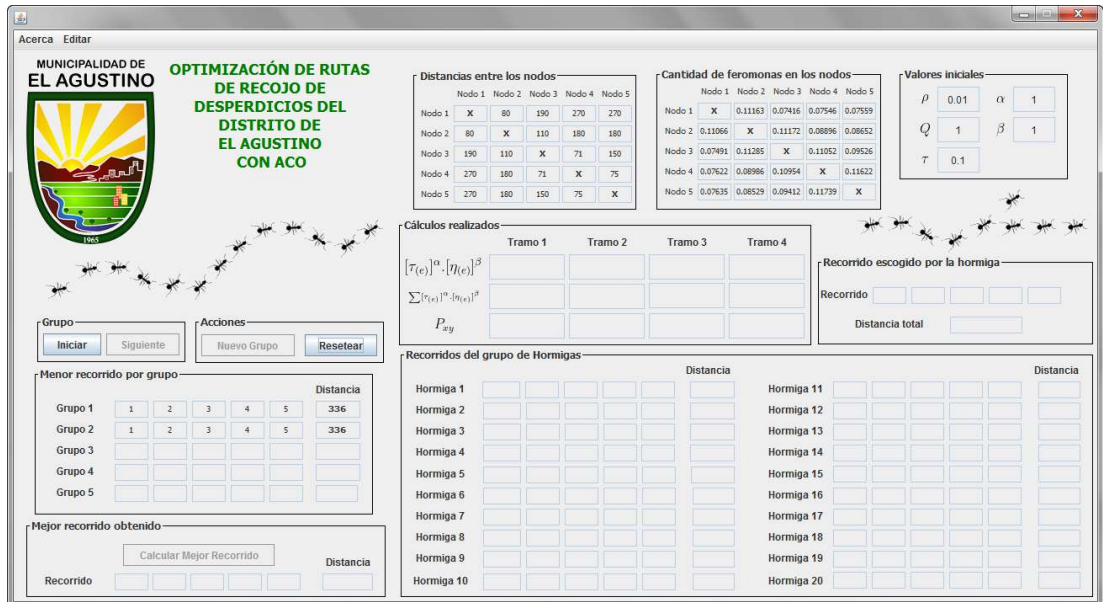
Tabla 369: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>710</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	4	2	3	<b>635</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	5	3	4	<b>481</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	4	2	3	5	<b>710</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	5	4	2	3	<b>635</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	4	3	2	5	<b>631</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	5	4	3	2	<b>526</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	3	4	<b>481</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 217: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18



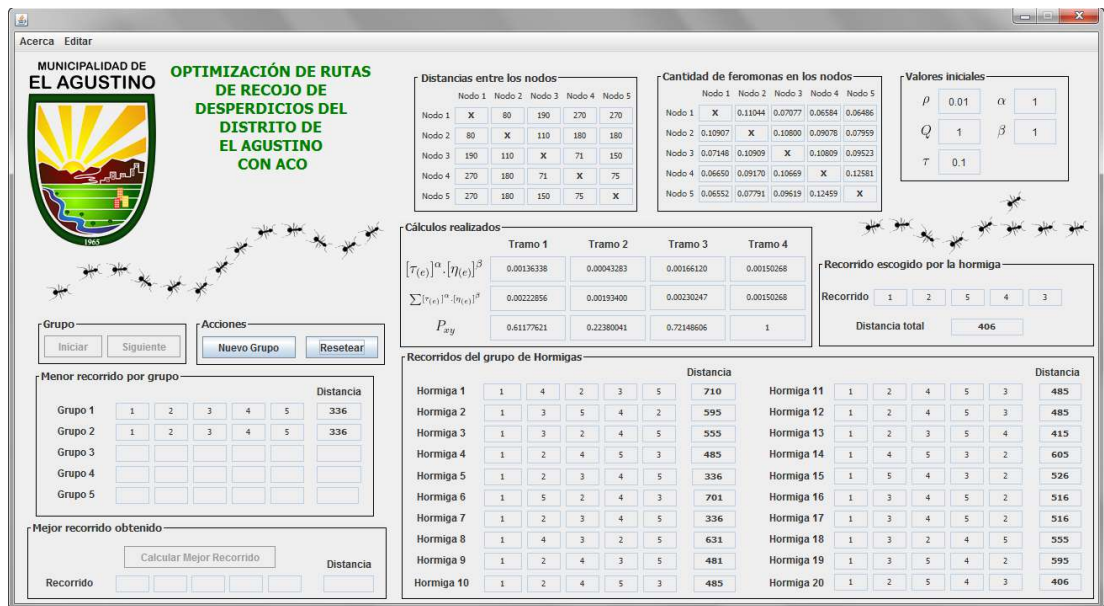
Fuente: Elaboración propia

Tabla 370: Menor recorrido - Grupo N° 2 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 3</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 218: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18**



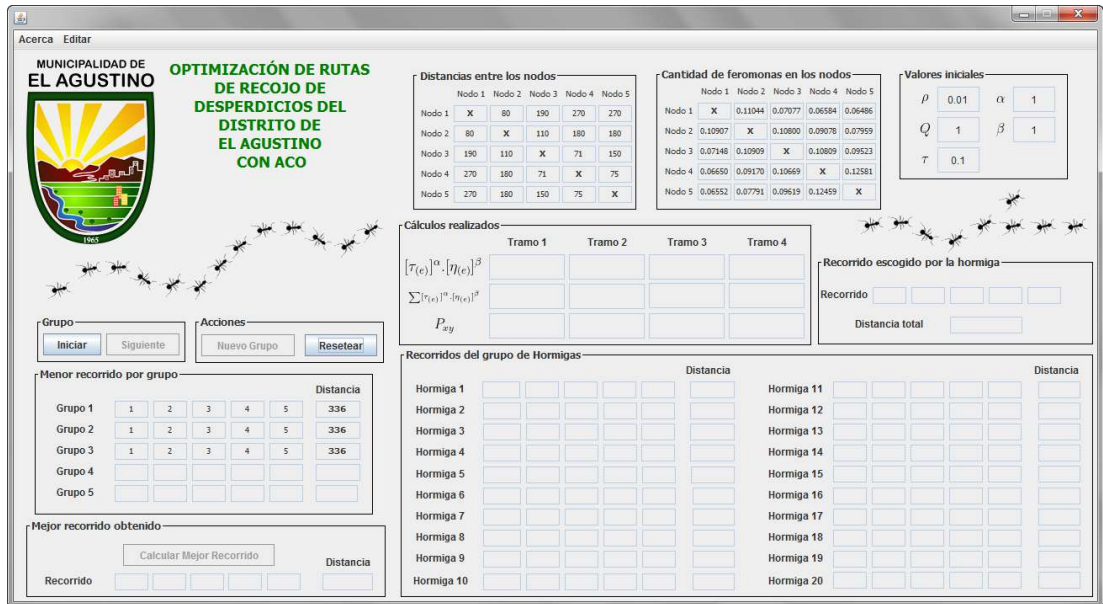
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 371: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	4	2	3	5	<b>710</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	5	4	2	<b>595</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	5	2	4	3	<b>701</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	4	3	2	5	<b>631</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	4	5	3	2	<b>605</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	5	4	3	2	<b>526</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	4	5	2	<b>516</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	4	5	2	<b>516</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	3	5	4	2	<b>595</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 219: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18



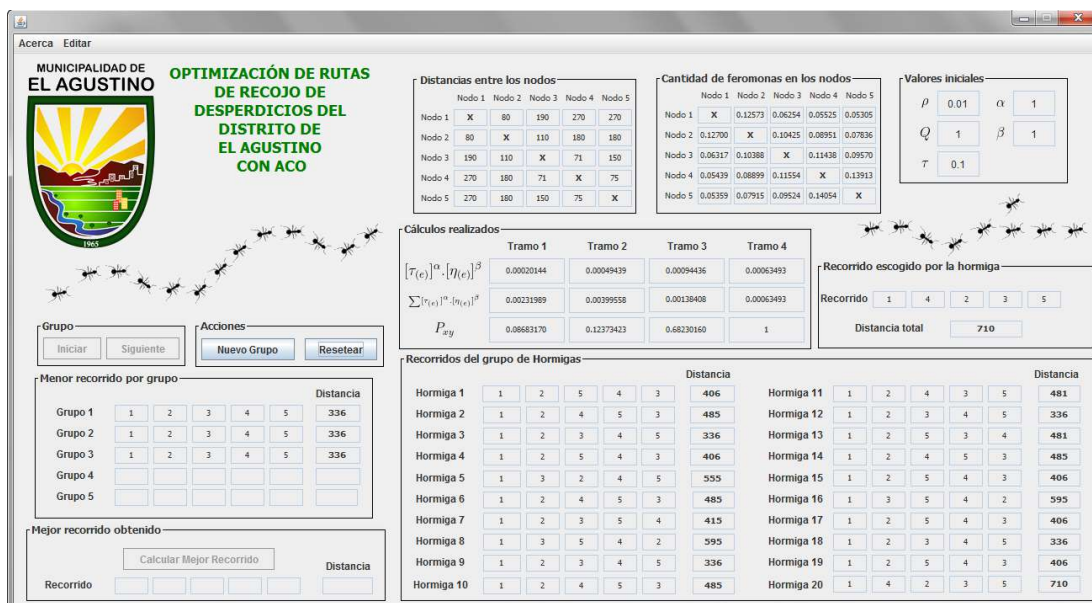
Fuente: Elaboración propia

Tabla 372: Menor recorrido - Grupo N° 3 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 220: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4- Recorrido N° 18



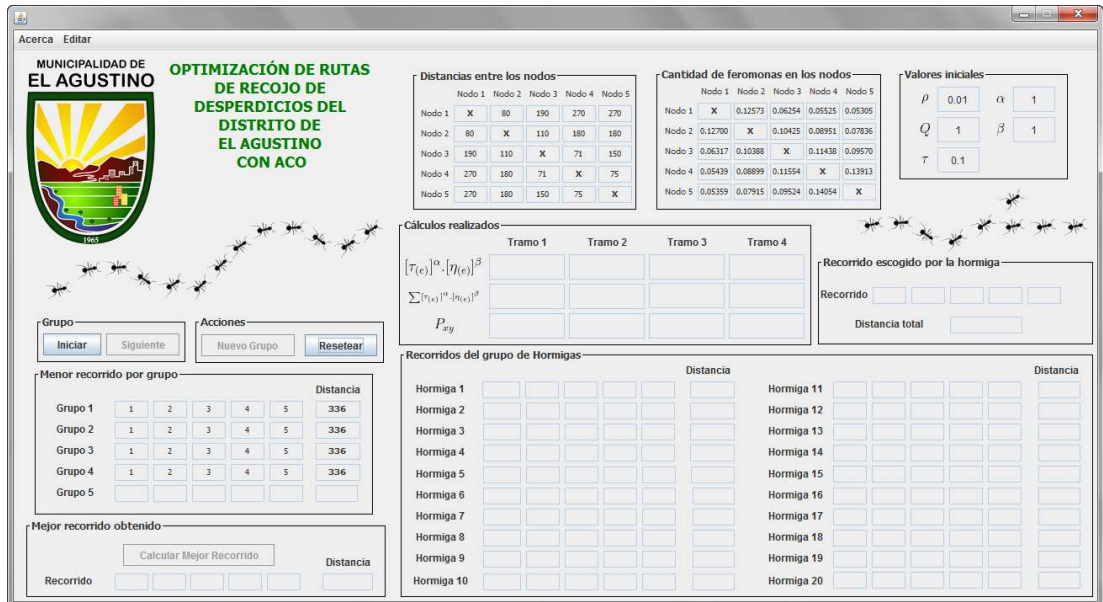
Fuente: Elaboración propia

Tabla 373: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 4 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	3	5	4	2	<b>595</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	4	3	5	<b>481</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	5	3	4	<b>481</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	3	5	4	2	<b>595</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	4	2	3	5	<b>710</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 221: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 18



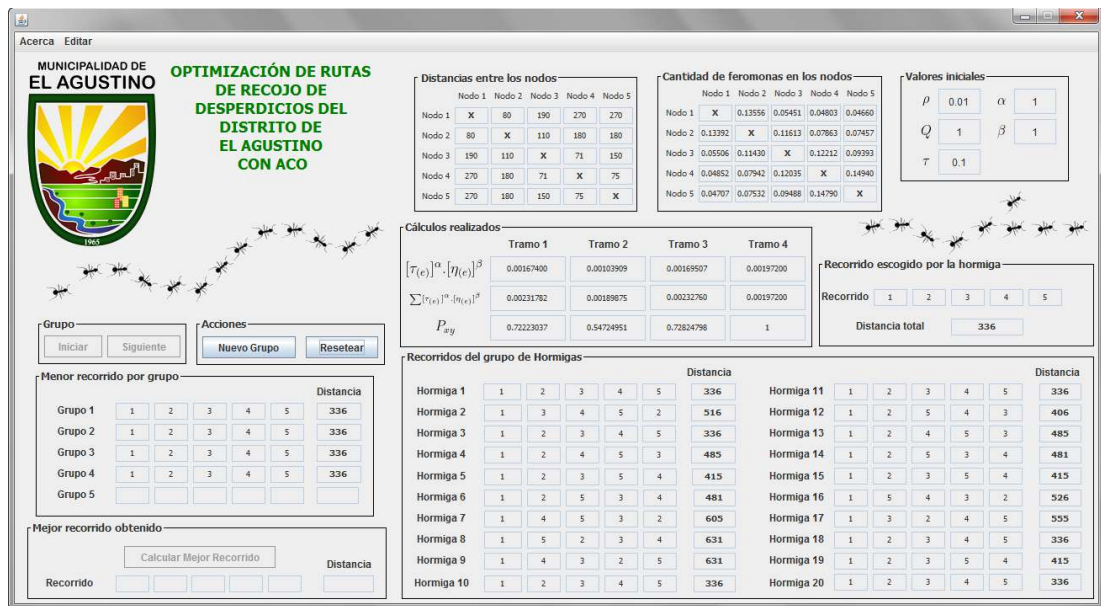
Fuente: Elaboración propia

Tabla 374: Menor recorrido - Grupo N° 4 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 5</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Figura 222: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18**



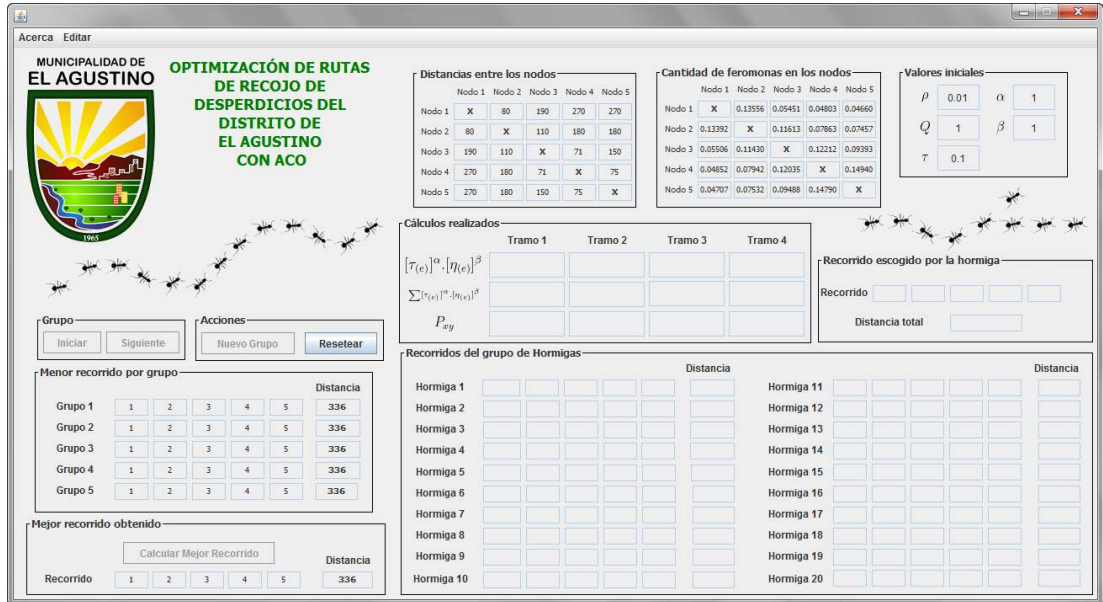
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 375: Recorrido de 20 hormigas - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Hormiga 1</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 2</b>	1	3	4	5	2	<b>516</b>
<b>Hormiga 3</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 4</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 5</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 6</b>	1	2	5	3	4	<b>481</b>
<b>Hormiga 7</b>	1	4	5	3	2	<b>605</b>
<b>Hormiga 8</b>	1	5	2	3	4	<b>631</b>
<b>Hormiga 9</b>	1	4	3	2	5	<b>631</b>
<b>Hormiga 10</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 11</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 12</b>	1	2	5	4	3	<b>406</b>
<b>Hormiga 13</b>	1	2	4	5	3	<b>485</b>
<b>Hormiga 14</b>	1	2	5	3	4	<b>481</b>
<b>Hormiga 15</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 16</b>	1	5	4	3	2	<b>526</b>
<b>Hormiga 17</b>	1	3	2	4	5	<b>555</b>
<b>Hormiga 18</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Hormiga 19</b>	1	2	3	5	4	<b>415</b>
<b>Hormiga 20</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 223: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18



Fuente: Elaboración propia

Tabla 376: Menor recorrido - Grupo N° 5 - Recorrido N° 18

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Grupo 1</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 2</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 3</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 4</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>
<b>Grupo 5</b>	1	2	3	4	5	<b>336</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 377: Mejor recorrido - Recorrido N° 18

1	2	3	4	5	Distancia
<b>T'</b>	<b>U'</b>	<b>X'</b>	<b>Y'</b>	<b>Z'</b>	<b>336</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Obtener mejor recorrido**

Según el análisis realizado, y teniendo en cuenta la distribución de los puntos críticos (nodos), se debe escoger el menor recorrido de los 2 anteriormente descritos (recorrido 17 y recorrido 18), ya que, por similitud, comparten varios nodos en común.

El propósito de comparar los recorridos y escoger la mejor opción, es porque será dato importante para obtener el mejor resultado de los siguientes recorridos, por el motivo que el nodo final del recorrido resultante, será el nodo que continúe con el recorrido de la ruta.

**Tabla 378: Comparación de mejores recorridos – Sección N° 8**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Recorrido 17</b>	T'	C'	D'	Z'	A''	<b>518</b>
<b>Recorrido 18</b>	T'	U'	X'	Y'	Z'	<b>336</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 379: Mejor recorrido – Sección N° 8**

1	2	3	4	5	Distancia
<b>T'</b>	<b>U'</b>	<b>X'</b>	<b>Y'</b>	<b>Z'</b>	<b>336</b>

Fuente: Elaboración propia



## 5.2.19. Resultados para la zona de Villa Hermosa

### a. Mejor recorrido por Sección de Villa Hermosa

**Tabla 380: Menor recorrido por sección de la Zona de Villa Hermosa**

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Distancia
<b>Sección 1</b>	A	B	C	D	E	<b>340</b>
<b>Sección 2</b>	E	F	G	H	I	<b>265</b>
<b>Sección 3</b>	I	E'	F'	J	K	<b>459</b>
<b>Sección 4</b>	K	L	M	K'	L'	<b>328</b>
<b>Sección 5</b>	L'	Q'	P'	O'	Z	<b>222</b>
<b>Sección 6</b>	U	G'	J'	M'	N'	<b>287</b>
<b>Sección 7</b>	P	W'	V'	S'	T'	<b>264</b>
<b>Sección 8</b>	T'	U'	X'	Y'	Z'	<b>336</b>
<b>Total</b>						<b>2501</b>

Fuente: Elaboración propia

### b. Mejor ruta - Zona de Villa Hermosa

Cabe resaltar que tanto el inicio como el final de la ruta están compuestas avenidas principales descritas y determinadas por la municipalidad (Anexo 24), las cuales tienen que recorrerse sin causar ninguna modificación, por lo tanto, no forman parte de los cálculos realizados, pero sí de la ruta final.

**Tabla 381: Distancia total recorrida – Zona de Villa Hermosa**

	Segmento inicial no calculado	Mejor ruta calculada	Segmento final no calculado	Distancia total recorrida
<b>Ruta de Villa Hermosa</b>	1900 m	2501 m	1600 m	<b>6001 m</b>

Fuente: Elaboración propia

**c. Mejor tiempo – Zona de Villa Hermosa**

Para calcular el tiempo total de la ruta, es necesario considerar el tiempo invertido en el recojo de desperdicios de cada nodo, siendo este en promedio 60 segundos por nodo. Por lo cual procedemos a calcular el tiempo total invertido en todos los nodos.

**Tabla 382: Tiempo Total utilizado en los nodos**

<b>Cantidad de Nodos</b>	<b>Tiempo promedio por Nodo (s)</b>	<b>Tiempo Total (s)</b>
53	60	<b>3180</b>

Fuente: Elaboración propia

Para fines del cálculo es necesario considerar el tiempo establecido por la municipalidad de El Agustino en segundos.

**Tabla 383: Tiempo Total brindado – Zona de Villa Hermosa**

<b>Conversión de Tiempo Utilizado</b>		
<b>Horas</b>	<b>Minutos</b>	<b>Segundos</b>
<b>3.30</b>	<b>198</b>	<b>11880</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a calcular la diferencia entre el tiempo total utilizado en los nodos y el tiempo brindado por la municipalidad de El Agustino para esta zona (Anexo 2), esto con el fin de obtener el tiempo invertido en la ruta sin considerar los nodos, es decir solo el tiempo recorrido en las aristas (calles y avenidas principales), por el motivo que la municipalidad no tiene identificado los puntos críticos o nodos ni el tiempo invertido en ellos.

**Tabla 384: Tiempo restante para recorrido de ruta**

<b>Tiempo Utilizado (s.)</b>	<b>Tiempo Utilizado en nodos (s.)</b>	<b>Tiempo Restante (s)</b>
<b>11880</b>	<b>3180</b>	<b>8700</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el tiempo invertido sin considerar los nodos es de 8700 segundos, con la distancia y el tiempo ya descubiertos, procedemos a calcular el tiempo aproximado que tomará en recorrer la nueva ruta calculada por el software, esto lo hacemos a través de una regla de tres simples.

$$\begin{array}{lcl} \textit{Distancia(m)} & & \textit{Tiempo (s)} \\ 8220 & \rightarrow & 8700 \\ 6001 & \rightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{6001 (8700)}{8220}$$

$$X \approx 6352 \text{ s.}$$

A este resultado final le sumamos el tiempo de los nodos calculado al inicio de este procedimiento obteniendo como resultado lo siguiente

**Tabla 385: Tiempo Total calculado – Zona de Villa Hermosa**

<b>Tiempo Utilizado en ruta (s.)</b>	<b>Tiempo Utilizado en nodos (s.)</b>	<b>Tiempo Total calculado (s.)</b>
<b>6352</b>	<b>3180</b>	<b>9532</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **d. Comparación de resultados – Zona de Villa Hermosa**

Como último paso, se procede a comparar la distancia y el tiempo total obtenidos a través de los cálculos y el software, con los brindados por la municipalidad de El Agustino (Anexo 2).

Podemos observar que existe una diferencia de 27% en la distancia y un 20% en el tiempo, a favor de la ruta simulada, logrando con ella demostrar la efectividad del software basado en el algoritmo de colonia de hormigas.

**Tabla 386: Comparación de resultados – Zona de Villa Hermosa**

	<b>Ruta Actual</b>	<b>Ruta Simulada</b>	<b>Porcentaje de Reducción</b>
<b>Distancia total recorrida (m.)</b>	8220	6001	<b>27%</b>
<b>Tiempo total utilizado (s.)</b>	11880	9532	<b>20%</b>

Fuente: Elaboración propia

## VI. CONCLUSIONES

- Se pudo identificar que la Subgerencia de Limpieza Pública del distrito de El Agustino no tiene un registro de los puntos o zonas críticas, donde se acumulan los desperdicios sólidos.
- Se estableció la cantidad a utilizar de nodos y de hormigas por iteración para el cálculo de la ruta óptima de la zona determinada, teniendo en cuenta las restricciones y/o condiciones indicadas por la subgerencia de Limpieza Pública del distrito de El Agustino.
- Se creó un aplicativo que ayuda a simular nuevas rutas con la utilización del algoritmo de colonia de hormigas y la información brindada por la municipalidad de El Agustino.
- Se obtuvo para la zona de Villa Hermosa, una disminución en la distancia y tiempo del 27% y 20% respectivamente, utilizando los cálculos obtenidos en el software, basándose en el algoritmo de colonia de hormigas.
- La cantidad de feromonas en un recorrido se aproxima a la ruta óptima mientras exista mayor cantidad de iteraciones y hormigas por recorrido.
- Se demuestra a través de los cálculos realizados que las rutas actuales de recojo de desperdicios en el distrito de El Agustino, no son las más óptimas.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Subgerencia de Limpieza Pública del distrito de El Agustino, poder reconocer y distinguir los nodos críticos donde se acumulan los residuos sólidos de todas las rutas del distrito, ya que no tenían la información requerida a la mano.
- Para futuras investigaciones relacionadas, tratar de ampliar la cantidad de nodos y/o aumentar la cantidad de hormigas que actuarán por cada iteración al momento de encontrar la ruta más óptima y corta. Siempre teniendo en cuenta las restricciones brindadas por la Subgerencia de Limpieza pública del distrito de El Agustino.
- Se recomienda a la Subgerencia de Limpieza Pública del distrito de El Agustino, utilizar software basados en el algoritmo de colonia de hormigas para mejorar las rutas de recolección de desperdicios en todas las zonas de dicho distrito.
- Se recomienda utilizar el software basado en el algoritmo de colonia de hormigas, en las distintas zonas de El Agustino, para identificar que zonas pueden ser mejoradas.
- Para futuras mejoras del software, se recomienda incrementar la cantidad de iteraciones y hormigas, para aumentar la incidencia de feromonas entre los nodos del recorrido.
- Se recomienda a la municipalidad de El Agustino, analizar sus rutas actuales y compararlas con las rutas obtenidas con el software basado en el algoritmo de colonia de hormigas para identificar sus deficiencias logísticas.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Banco Mundial. (2018, 20 septiembre). Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes [Comunicado de prensa]. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Naciones Unidas. (2019, 18 septiembre). Cómo la basura afecta al desarrollo de América Latina. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>
- RPP Noticias. (2018, 16 noviembre). La acumulación de basura en las calles: un problema que se repite en varias regiones del país. RPP Noticias. <https://rpp.pe/peru/actualidad/la-acumulacion-de-basura-en-las-calles-un-problema-que-se-repite-en-varias-regiones-del-pais-noticia-1163743?ref=rpp>
- Rivas, P. (2015, 10 junio). 3 distritos concentran el 83% de acumulación de basura de Lima. El Comercio Perú. <https://elcomercio.pe/lima/3-distritos-concentran-83-acumulacion-basura-lima-371151-noticia/?ref=ecr>
- RPP Noticias. (2016, 18 noviembre). Basura lleva días sin ser retirada de una esquina en El Agustino. <https://rpp.pe/lima/actualidad/basura-lleva-dias-sin-ser-retirada-de-una-esquina-en-el-agustino-noticia-1010780?ref=rpp>
- RPP Noticias. (2017, 9 enero). Vecinos indignados por acumulación de basura en El Agustino. [https://rpp.pe/lima/actualidad/vecinos-](https://rpp.pe/lima/actualidad/vecinos-de-basura-en-el-agustino)

indignados-por-acumulacion-de-basura-en-el-agustino-noticia-1022464?ref=rpp

- América Noticias. (2017, 19 enero). El Agustino: arrojan desmonte de basura cerca al cuartel «Barbones». América Noticias. <https://www.americatv.com.pe/noticias/actualidad/agustino-arrojan-desmonte-basura-cerca-al-cuartel-barbones-n262000>
- América Noticias. (2017, 13 febrero). El Agustino: basura se acumula en la avenida Nicolás Ayllón. <https://www.americatv.com.pe/noticias/actualidad/agustino-basura-se-acumula-avenida-nicolas-ayllon-n265138>
- Barrenechea, M. (2018, 16 agosto). Contraloría detecta riesgos por acumulación de basura en El Agustino y Villa El Salvador. RPP Noticias. <https://rpp.pe/lima/actualidad/contraloria-detecta-riesgos-por-acumulacion-de-basura-en-el-agustino-y-villa-el-salvador-noticia-1143517?ref=rpp>
- Reyes, S. (2019, 29 mayo). El Agustino: se restablece recojo de basura en calles tras denuncia de vecinos [FOTOS]. La República. <https://larepublica.pe/sociedad/1425031-agustino-restablece-recojo-basura-calles-denuncia-vecinos-fotos/>
- El Comercio. (2020, 6 octubre). El Agustino: trabajadores de limpieza retiran basura y desmonte del cauce del río Rímac | FOTOS. El Comercio Perú. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/el-agustino-trabajadores-de-limpieza-retiran-basura-y-desmonte-del-cauce-del-rio-rimac-fotos-covid-19-nndc-noticia/?ref=ecr>



- Romero P. O., & Chacayán N. N. (2018). DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE SOFTWARE ORIENTADA A LA MEJORA DE LA GESTIÓN DEL ENCAMINAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN REDES DE COMPUTADORA UTILIZANDO EL ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS. [Tesis de Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
- Carrasco E., & Díaz G. Y. M. (2017). OPTIMIZACIÓN DE LAS RUTAS RECOLECTORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CHICLAYO, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO DE LIMPIEZA. [Tesis de Titulación, Universidad Señor De Sipán].
- Vargas M. R. (2018). SISTEMA HIBRIDO EN EL ALGORITMO DE COLONIAS DE HORMIGAS Y LA HEURÍSTICA 2-OPT (SWAP/MOVE) PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESTADOS DE CUENTA. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]
- García J. P. R. (2018). EMPLEO DEL ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS PARA LA SINTONIZACIÓN DE UN CONTROLADOR PID APLICADO A UN CIRCUITO RC. [Tesis de Titulación, Universidad de Trujillo]
- Rodríguez A. E. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE HORMIGAS PARA EL MANEJO DINÁMICO DEL ENCAMINAMIENTO DE FLUJOS DE DATOS A NIVEL DE LA CAPA DE APLICACIÓN. [Tesis de Titulación, Universidad Ricardo Palma]
- Soifer, A. (2015). Algoritmos de Colonia de Hormigas para el Problema del Viajante de Comercio por Familias y para el Problema

de Ruteo de Vehículos por Familias. [Tesis de Titulación, Universidad de Buenos Aires].  
<http://dc.sigedep.exactas.uba.ar/media/academic/grade/thesis/soifer.pdf>

- Oñate, J. A., & Tullmo, D. A. (2016). "OPTIMIZACIÓN BASADA EN COLONIA DE HORMIGAS PARA RESOLVER PROBLEMAS ASIGNACIÓN DE HORARIOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO". [Tesis de Titulación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1523/1/T-UTEQ-0017.pdf>
- Arévalo, E. E. (2018). IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO PARA LA AUTOCALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS EXTRÍNSECOS DE UNA CÁMARA ESTEREOSCÓPICA MEDIANTE COLONIA DE HORMIGAS PARA VEHÍCULOS INTELIGENTES. [Tesis de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas].  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13934/1/T-ESPE-057560.pdf>
- Mendoza, E. F., & Cullay, S. J. (2018). OPTIMIZACIÓN DE LAS OPERACIONES LOGÍSTICAS, EN LAS RUTAS URBANAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL GIDSA AMBATO. [Tesis de Titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9600/1/85T00504.pdf>
- Viracocha, M. L. (2018). ÓPTIMO DIMENSIONAMIENTO Y UBICACIÓN DE BANCOS DE CAPACITORES EN REDES DE

DISTRIBUCIÓN USANDO ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS. [Tesis de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15214/4/UPS-KT01486.pdf>

- Yáñez, S. (2019). APLICACION DEL SISTEMA DE HORMIGAS PARA EL PROBLEMA DE ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULOS DE SUMINISTROS EN DESASTRES NATURALES. [Tesis de Titulación, Universidad Técnica Federico Santa María].  
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/49453/3560902038879UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duarte, A., Pantrigo, J., & Gallego, M. (2007). Metaheurística. Dykinson.
- Marquina, A. (2017). Elogio del algoritmo. Publications de la Universitat de València
- Vázquez, Jesús (2016). APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS AL PROBLEMA DE RUTAS DE REPARTO CON DESTINOS MÓVILES. [Tesis de Titulación, Universidad De Sevilla].  
[http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5760/fichero/PFC\\_Jesus\\_Vazquez.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5760/fichero/PFC_Jesus_Vazquez.pdf)
- Pedemonte, M. (2009). ANT COLONY OPTIMIZATION PARA LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE STEINET [Tesis de maestría, Universidad De La República Uruguay].  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/2955/1/tesis-pedemonte.pdf>

- Dorigo, M., & Luca, M. G. (1997, 1 abril). Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. Academia.  
[https://www.academia.edu/3422529/Ant\\_colony\\_system\\_A\\_cooperative\\_learning\\_approach\\_to\\_the\\_traveling\\_salesman\\_problem](https://www.academia.edu/3422529/Ant_colony_system_A_cooperative_learning_approach_to_the_traveling_salesman_problem)
  
- Hingrajiya, K., Gupta, R., & Chandel, G. (2012). An Ant Colony Optimization Algorithm for Solving Travelling Salesman Problem. International Journal of Scientific and Research Publications.  
<http://www.ijsrp.org/research-paper-0812/ijsrp-p0883.pdf>
  
- Hlaing, Z., & Khine, M. (2011, 1 diciembre). Solving Traveling Salesman Problem by Using Improved Ant Colony Optimization Algorithm. semantic scholar  
<https://pdfs.semanticscholar.org/8246/24678a84faaea0f22215556672f1e938b68d.pdf>
  
- Alejandro, F. L. (2010) Algoritmos de Optimización basados en Colonias de Hormigas aplicados al Problema de Asignación Cuadrática y otros problemas relacionados [Trabajo final para alcanzar el grado de Licenciado en Ciencias de la Computación]. Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Argentina.
  
- M. Dorigo, V. Maniezzo and A. Colorni (1991). Positive feedback as a search strategy. Technical Report N. ° 91-016. Departamento de Electrónica Politécnico de Milano. Italia.
  
- M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colorni. (1996) Ant System: Optimization by a Colony of Cooperative Agents. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics- Part B Vol. 26 N° 1, pp. 29-41.

- Hornig, E. S., & Fuentealba, N. R. (2009). modelo aco para la recolección de residuos por contenedores aco model applied to the waste collection by containers. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 17(2), 236-243
  
- A. Awad, M. T. Aboul-Ela, and R. Abu-Hassan, Development of a Simplified Procedure for Routing Solid Waste Collection, *International Journal for Science and Technology (Scientia Iranica)*, 8 (1), 2001, pp. 71-75
  
- Ismail, Z. and S.L. Loh, (2009), Ant Colony Optimization for Solving Solid Waste Collection Scheduling Problems, *Journal of Mathematics and Statistics* 5(3)199- 205, 2009 ISSN 1549 - 3644

# **ANEXOS**

# ANEXO N° 1

## INFORME N° 39 -2018-GDAM-MDEA.

A : JUAN JOSE ARIAS BARRENECHEA  
RESPONSABLE DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA  
INFORMACION PÚBLICA  
DE : Sr. JAIME SALAZAR CORDOVA  
GERENTE DE DESARROLLO AMBIENTAL  
ASUNTO : ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA  
REF. : a) INFORME MULTIPLE N° 06-2018-TRANS/UADA/MDEA  
b) INFORME MULTIPLE N° 16-2018-TRANS/UADA/MDEA  
FECHA : 01 DE FEBRERO DEL 2018

\*\*\*\*\*  
Tengo el agrado de dirigirme a Usted a fin de informarle, dando cumplimiento a lo requerido en los informes de las referencias a) y b), el cual solicita información sobre acceso a la información pública, solicitado mediante el Expediente N° 1072-18 presentado por el Sr. YAIR DE LA CRUZ SAAVEDRA.

En consecuencia, elevo el Informe N° 056-2018-SGLP-GDAM-MDEA formulado por la Sub Gerencia de Limpieza Publica, con la información y documentación requerida por el administrado antes referido.

Es todo cuanto informo a Usted, para los fines que estime conveniente

Atentamente,

  
MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO  
JAIME H. SALAZAR CORDOVA  
Gerente de Desarrollo Ambiental

**INFORME N° 0056 - 2018-SGLP-GDAM-MDEA.**

A : JAIME SALAZAR CORDOVA  
 DE : GERENTE DE DESARROLLO AMBIENTAL  
 ASUNTO : JORGE HILARES BARROS  
 SUB GERENTE DE LIMPIEZA PÚBLICA  
 REF. : INFORMACION SOLICITADA  
 Exp. N° 1072 - 2018(YAIR DE LA CRUZ SAAVEDRA)  
 FECHA : INFORME N° 006 - 2018 - TRANS-UADA/MDEA  
 INFORME N° 016 - 2018 - TRANS-UADA/MDEA  
 01 DE FEBRERO DEL 2018



\*\*\*\*\*  
 Mediante el presente me dirijo a usted en atención al documento de la referencia para informarle lo siguiente:

- El contribuyente solicita la Ruta de Recojo de Residuos Sólidos de la zona de Villa Hermosa y Tayacaja, por lo que se adjunta copia del plano de recorrido.
- Asimismo solicita:

ZONA	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	TIEMPO UTILIZADO (Hrs)	TONELADA (TN)	FRECUENCIA	SERVICIO REALIZADO POR
VILLA HERMOSA	8.22	3.30	13	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
TAYACAJA	7.60	3.00	12	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C. EMPRESA

Es todo cuanto informo a usted sobre el particular.

Atentamente.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO  
 JORGE HILARES BARROS  
 Sub Gerente de Limpieza Pública



# ANEXO N° 3

## INFORME N° 61 -2018-GDAM-MDEA.

A : JUAN JOSE ARIAS BARRENECHEA  
RESPONSABLE DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA  
INFORMACION PÚBLICA  
DE : Sr. JAIME SALAZAR CORDOVA  
GERENTE DE DESARROLLO AMBIENTAL  
ASUNTO : ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA  
REF. : a) INFORME MULTIPLE N° 22-2018-TRANS/UADA/MDEA  
b) INFORME MULTIPLE N° 26-2018-TRANS/UADA/MDEA  
FECHA : 07 DE MARZO DEL 2018

\*\*\*\*\*  
Tengo el agrado de dirigirme a Usted a fin de informarle, dando cumplimiento a lo requerido en los informes de las referencias a) y b), el cual solicita información sobre acceso a la información pública, solicitado mediante el Expediente N° 2857-18 presentado por el Sr. CARLOS ALBERTO ANGELES VILLA

En consecuencia, elevo el Informe N° 087-2018-SGLP-GDAM-MDEA formulado por la Sub Gerencia de Limpieza Publica, con la información y documentación requerida por el administrado antes referido.

Es todo cuanto informo a Usted, para los fines que estime conveniente

Atentamente,

 MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO  
-----  
JAIME H. SALAZAR CORDOVA  
Gerente de Desarrollo Ambiental

  
  
07-03-18

# ANEXO N° 4

"AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL"

**INFORME N° 0087 - 2018-SGLP-GDAM-MDEA.**

**A :** JAÍME SALAZAR CORDOVA  
**DE :** GERENTE DE DESARROLLO AMBIENTAL  
**DE :** JORGE HILARES BARROS  
**DE :** SUB GERENTE DE LIMPIEZA PÚBLICA  
**ASUNTO :** INFORMACION SOLICITADA  
**REF. :** Exp. N° 2857 - 2018(CARLOS ALBERTO ANGELES VILLA)  
**REF. :** INFORME N° 0022- 2018 - TRANS-UADA/MDEA  
**REF. :** INFORME N° 0026 - 2018 - TRANS-UADA/MDEA  
**FECHA :** 28 DE FEBRERO DEL 2018

MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO  
 GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL  
 06 MAR 2018  
**RECIBIDO**  
 Firma: ..... Hora: 10:33



\*\*\*\*\*  
 Mediante el presente me dirijo a usted en atención al documento de la referencia para informarle lo siguiente:

- El contribuyente solicita las Rutas de Recojo de Residuos Sólidos de todas las zonas, por lo que se adjunta copia del plano de recorrido.
- Asimismo solicita:

ZONA	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	TIEMPO UTILIZADO (Hrs)	TONELADA (TN)	FRECUENCIA	SERVICIO REALIZADO POR
SAN CAYETANO	12.03	4.06	13	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
SAN CARLOS	10.45	4.10	11	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
CORPORACION	10.59	3.44	12	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
ANCIETA	9.85	4.13	12	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
CONDOMINIO	13.58	4.09	13	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.

# ANEXO N° 5

"AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL"

SIGLO XXI	12.60	4.65	10	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
SAN JOSE	10.98	4.22	12	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
HUANCAS	9.93	3.52	11	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
SEREMSA	7.81	3.45	12	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
RIBERA DEL RIO	14.19	4.01	11	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
PRADERAS	12.60	3.27	11	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
GARCILAZO	14.50	4.80	15	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
CHAMOCHUMBE	13.50	4.20	13	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.



2

"AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL"

CERRO 1RA VUELTA	12.38	3.46	10	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
CERRO 2DA VUELTA	16.29	4.01	12	DIARIA	EMPRESA INDUSTRIAS ARGUELLES Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.

Es todo cuanto informo a usted sobre el particular.

Atentamente.

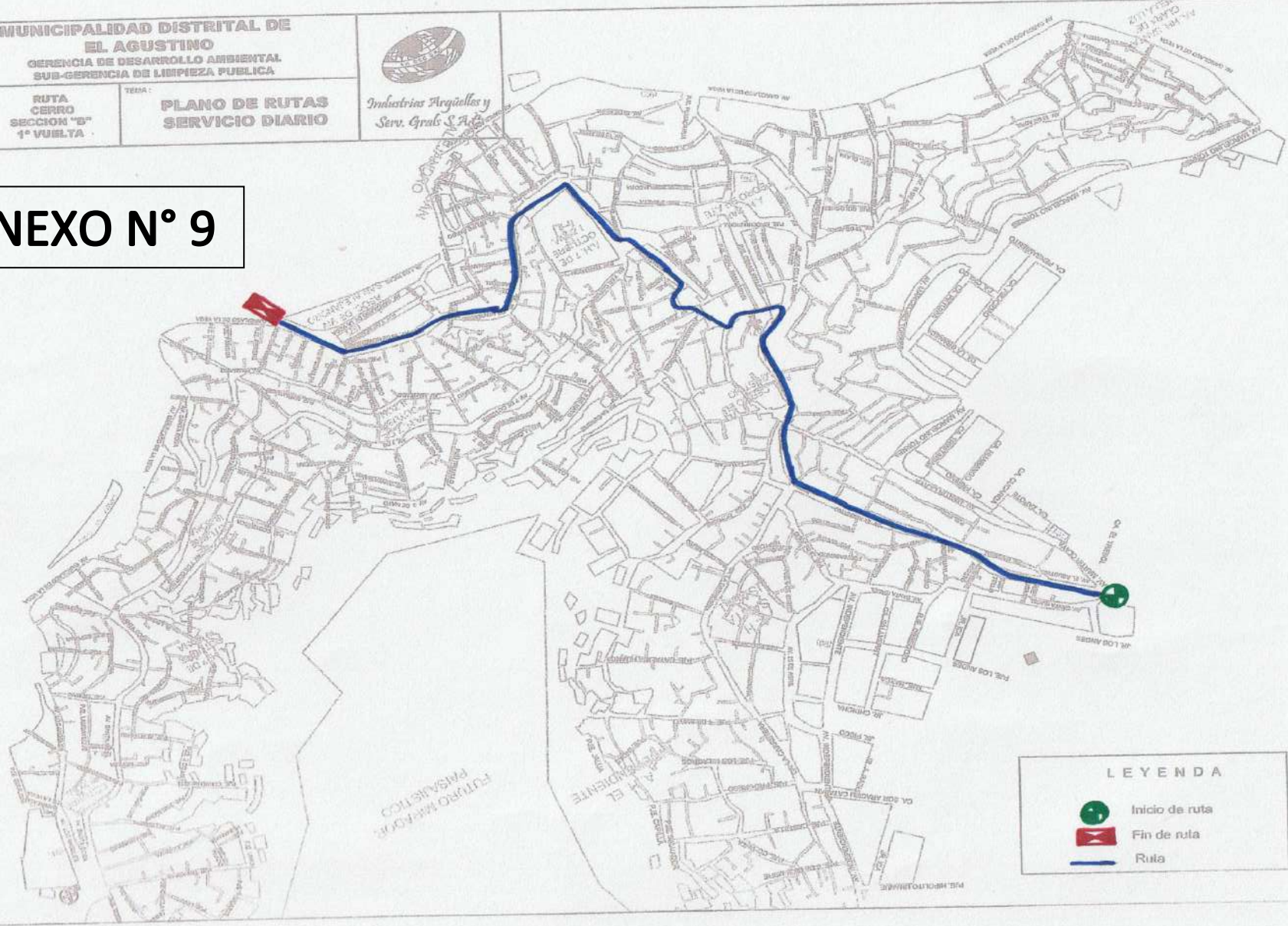
  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO  
JUAN FILADELFO GARROS  
Sub Gerente de Limpieza Pública





 MUNICIPALIDAD DE EL AGUSTINO	<b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB-GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA		 Industrias Arguñales y Serv. Gral S.A.
	RUTA N°: <b>16</b>	RUTA CERRO SECCION "B" 1° VUELTA	

# ANEXO N° 9

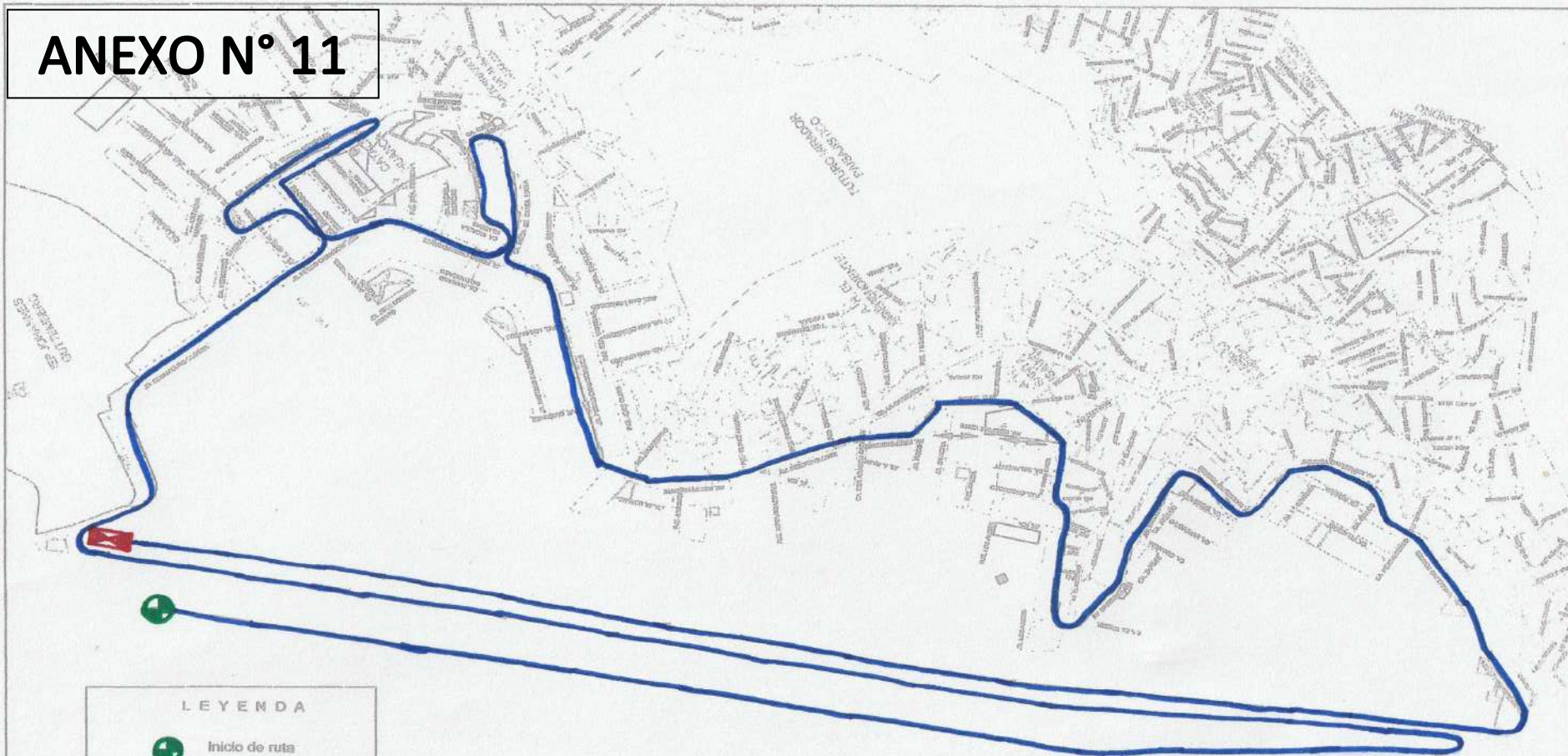


LEYENDA	
	Inicio de ruta
	Fin de ruta
	Ruta





# ANEXO N° 11

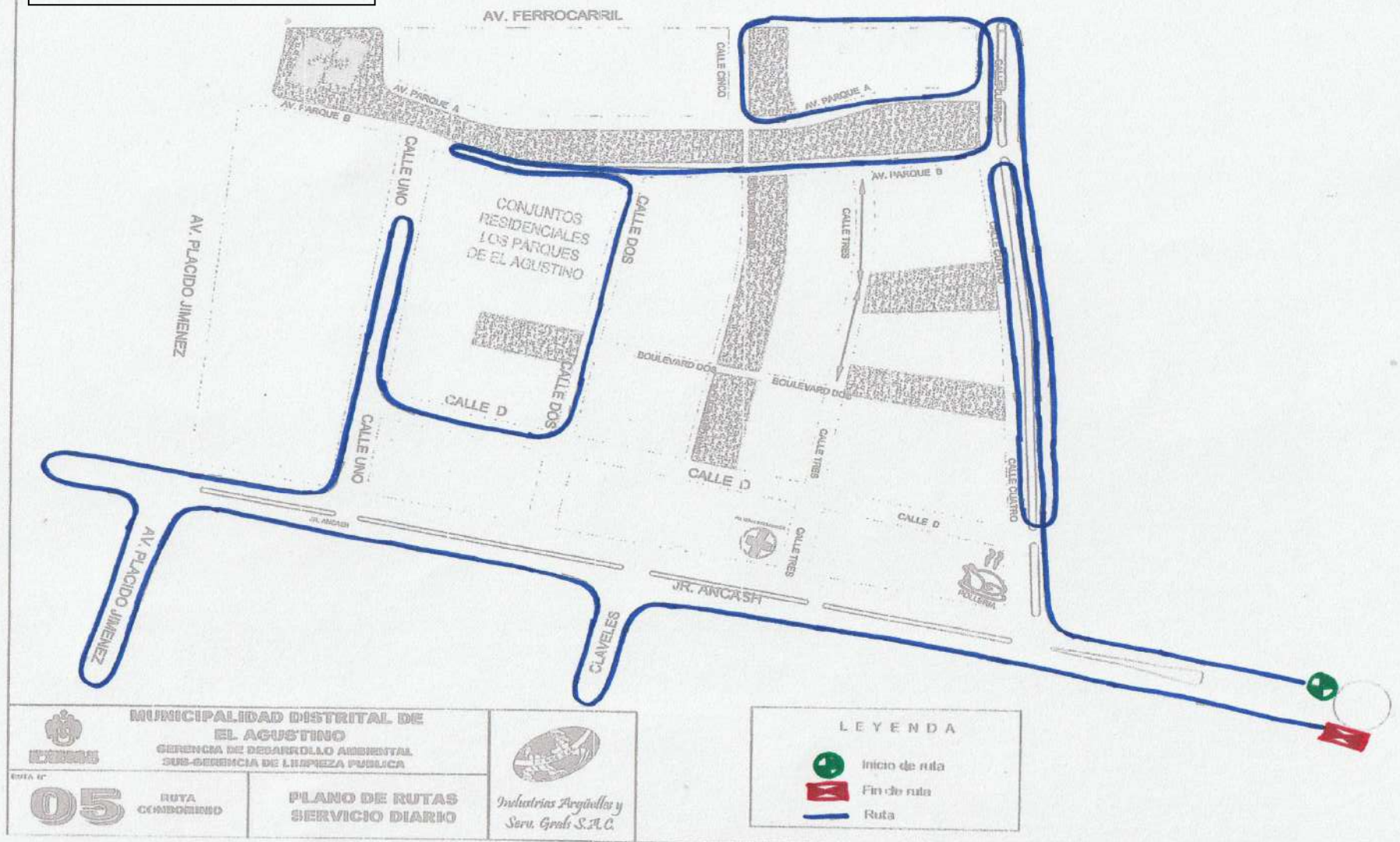


**LEYENDA**

-  Inicio de ruta
-  Fin de ruta
-  Ruta

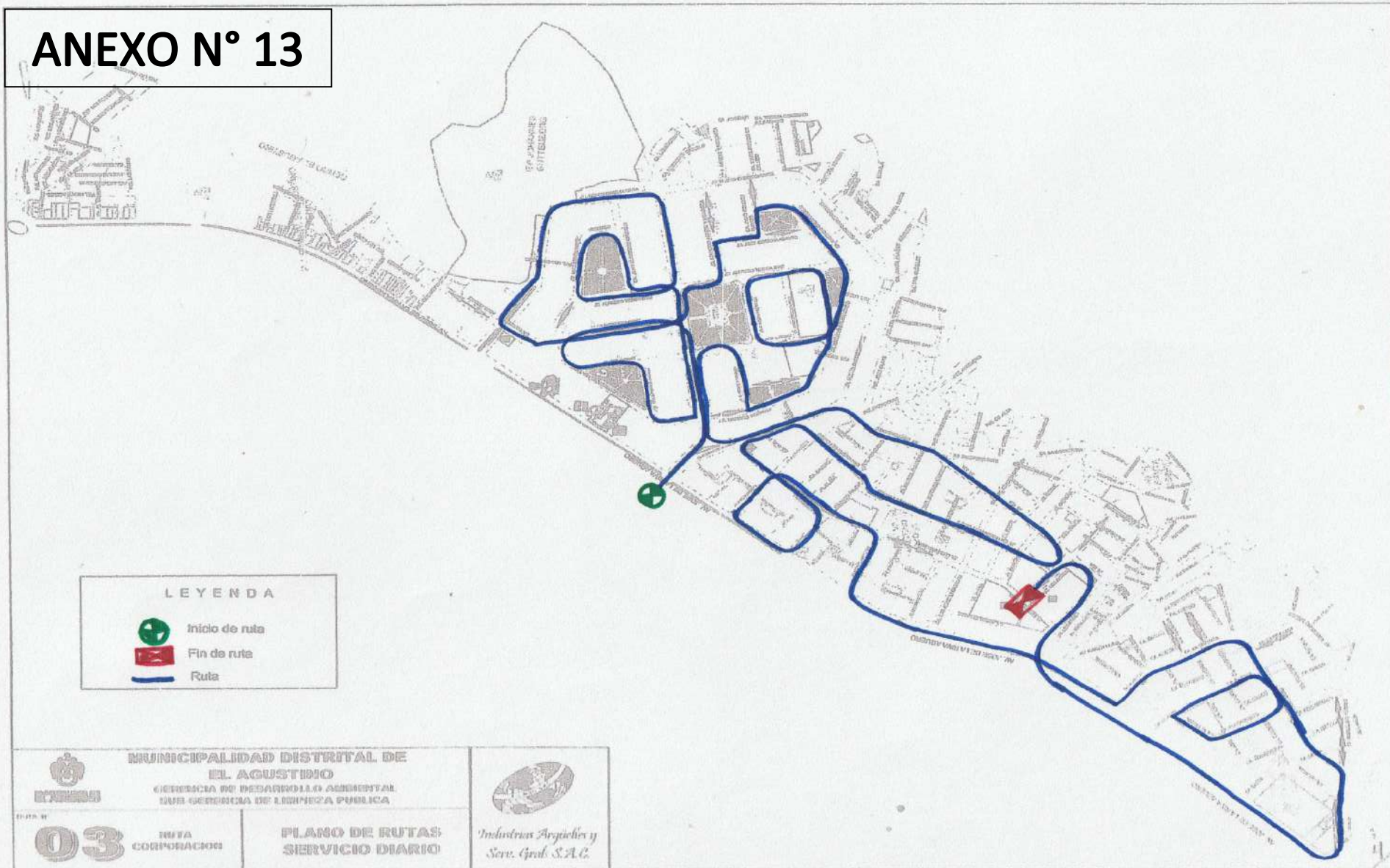
 <b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA	 <i>Industrias Arcillosas y Sere Grub S.A.C.</i>
RUTA N° <b>15</b> RUTA CHABO CHURBE	<b>PLANO DE RUTAS SERVICIO DIARIO</b>

# ANEXO N° 12

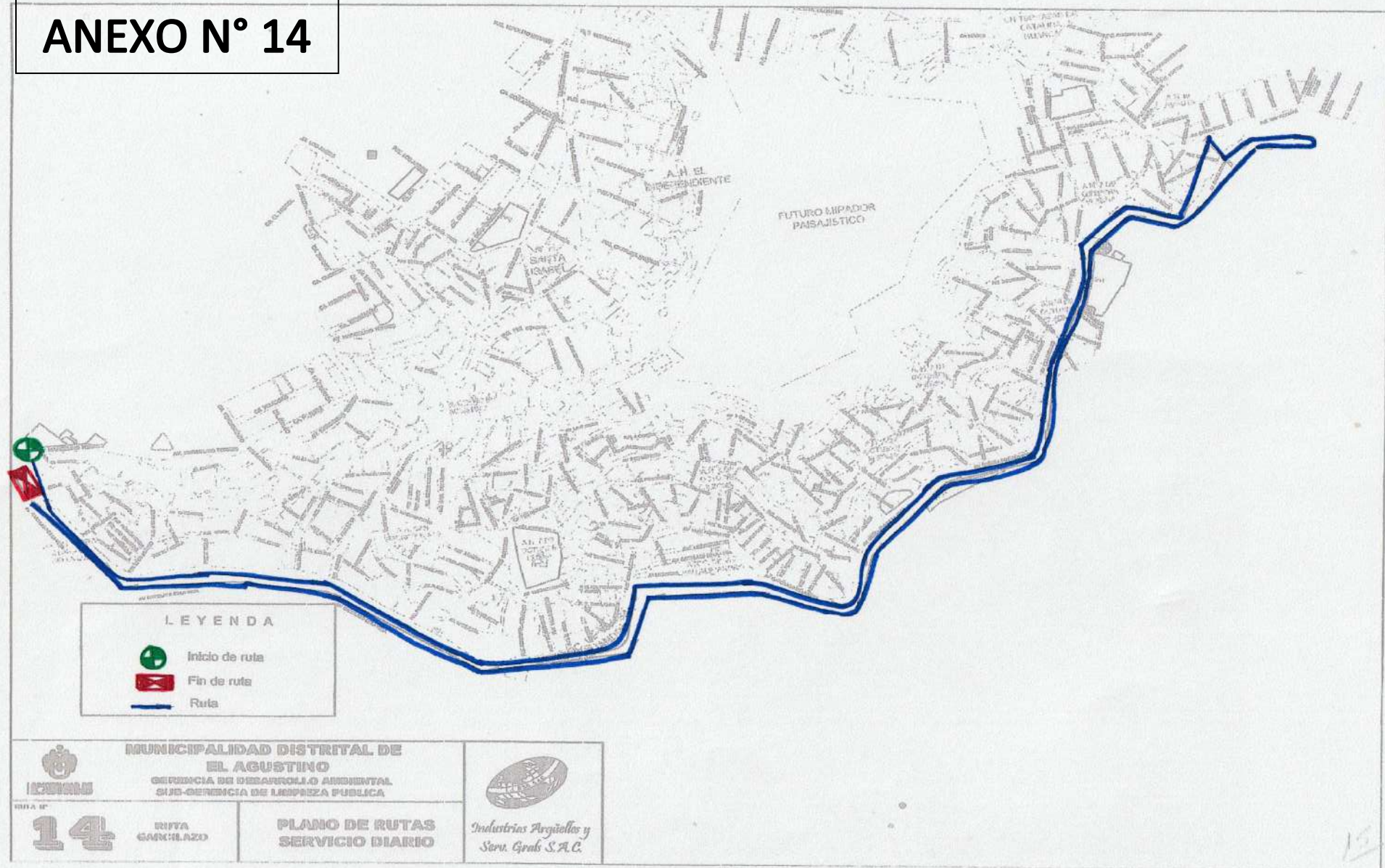


 <b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB-GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA	 <i>Industrias Arguillas y Serv. Grab S.A.C.</i>

# ANEXO N° 13



# ANEXO N° 14

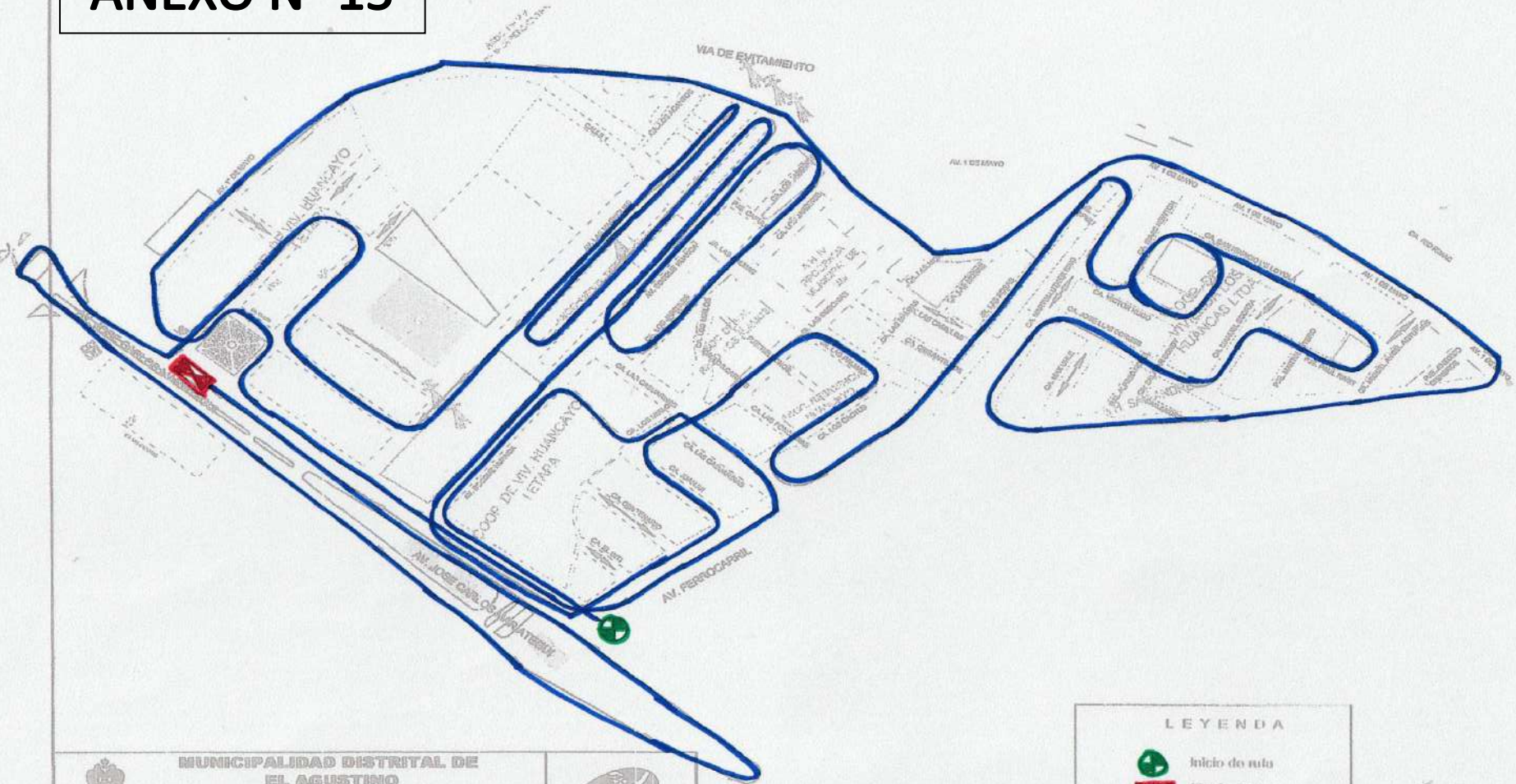


**LEYENDA**

-  Inicio de ruta
-  Fin de ruta
-  Ruta

 <b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUS GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA	 <i>Industrias Arguilloles y Serv. Grab S.A.C.</i>
<b>14</b> RUTA GARCILAZO	<b>PLANO DE RUTAS SERVICIO DIARIO</b>

# ANEXO N° 15



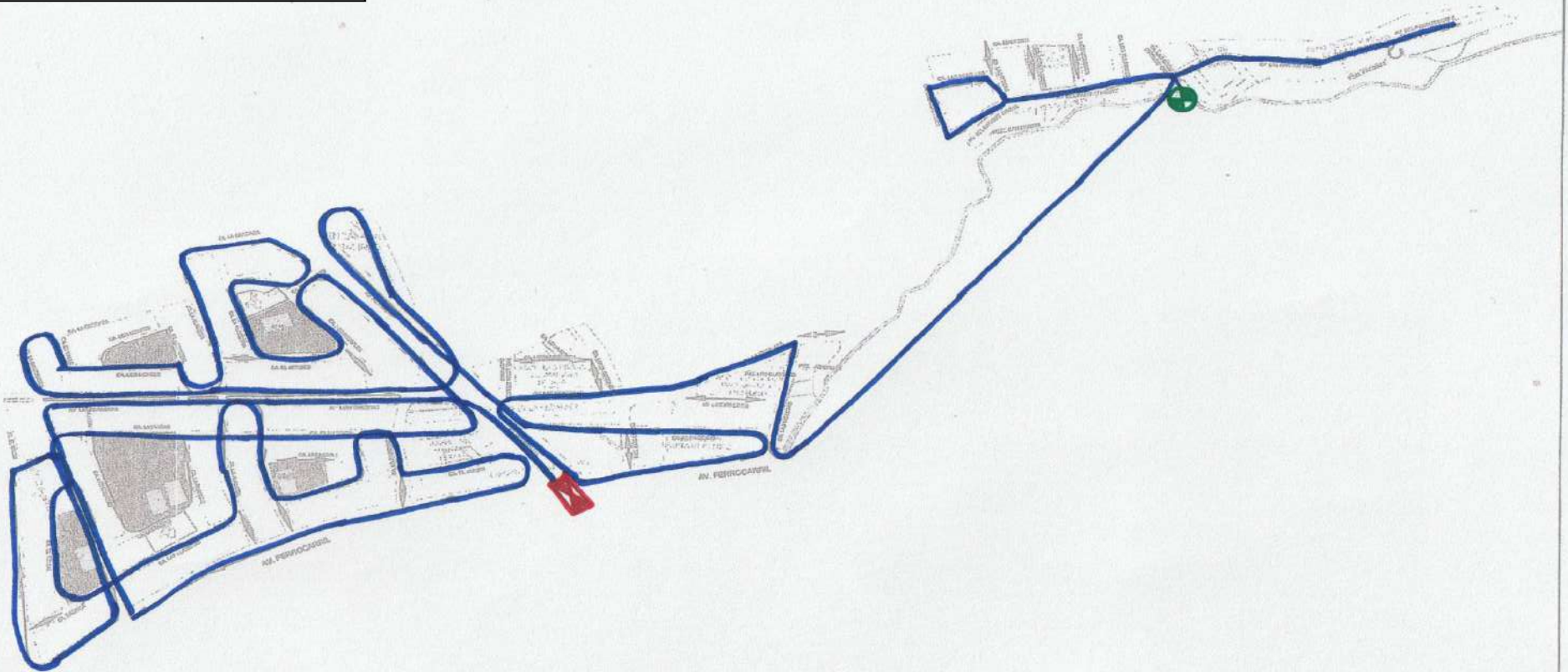
**LEYENDA**

-  Inicio de ruta
-  Fin de ruta
-  Ruta

 <p><b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB-GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA</p>	 <p><i>Industrias Argüelles y Sora, Grati S.A.C.</i></p>

71

# ANEXO N° 16

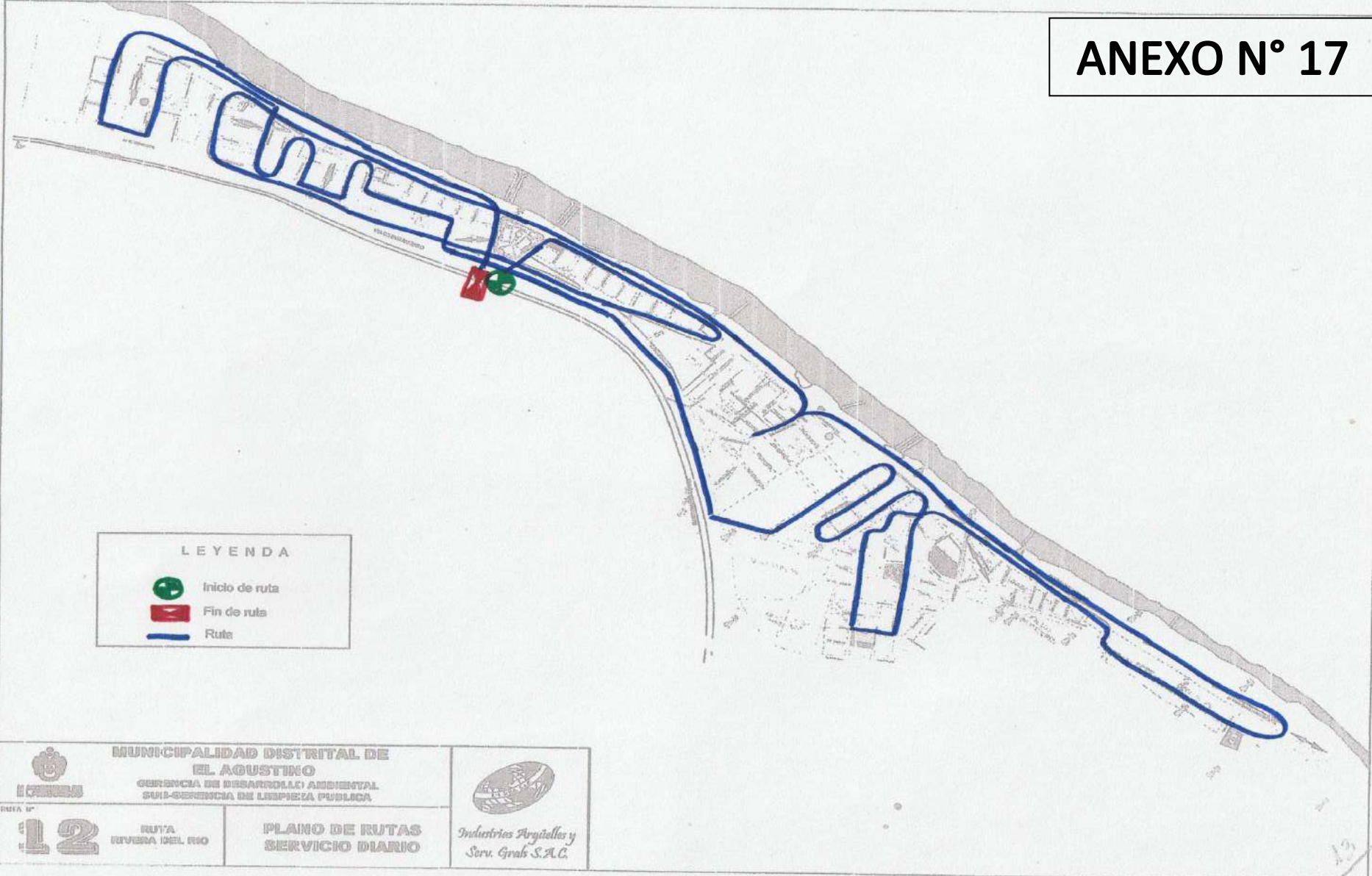


**LEYENDA**

-  Inicio de ruta
-  Fin de ruta
-  Ruta

 <p><b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB-GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA</p>	 <p><i>Industrias Arguelles y Soro, Gral S.A.C.</i></p>

# ANEXO N° 17

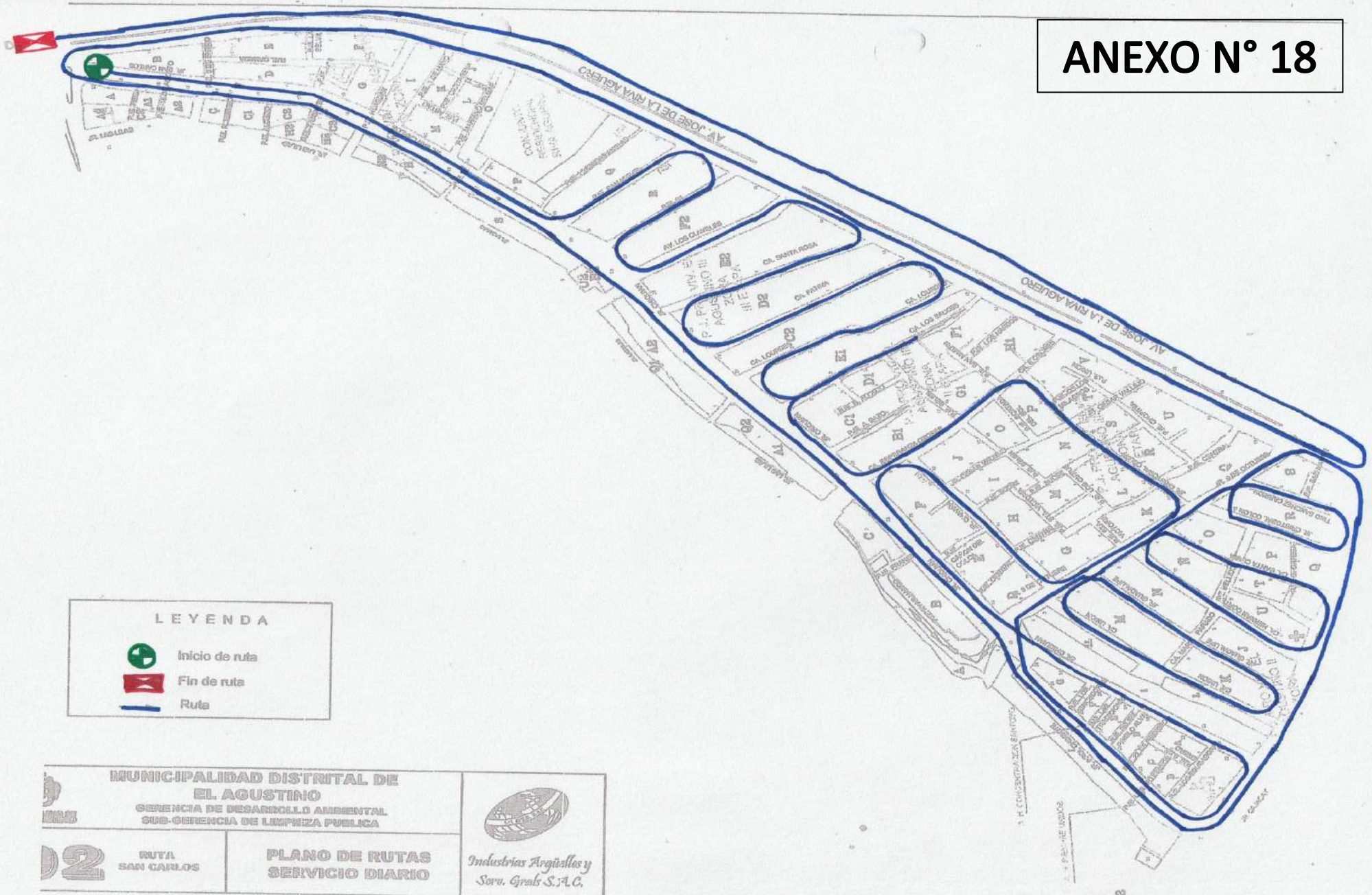


**LEYENDA**

-  Inicio de ruta
-  Fin de ruta
-  Ruta

	<b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB-GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA		
	<b>RUTA N° 12</b> RUTA FUERA DEL RIO	<b>PLANO DE RUTAS SERVICIO DIARIO</b>	

# ANEXO N° 18



**LEYENDA**

-  Inicio de ruta
-  Fin de ruta
-  Ruta

 <p><b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL SUB-GERENCIA DE LIMPIEZA PUBLICA</p>	 <p><i>Industrias Arguillas y Sora, Grals S.A.C.</i></p>
 <p><b>RUTA SAN CARLOS</b></p>	<p><b>PLANO DE RUTAS SERVICIO DIARIO</b></p>



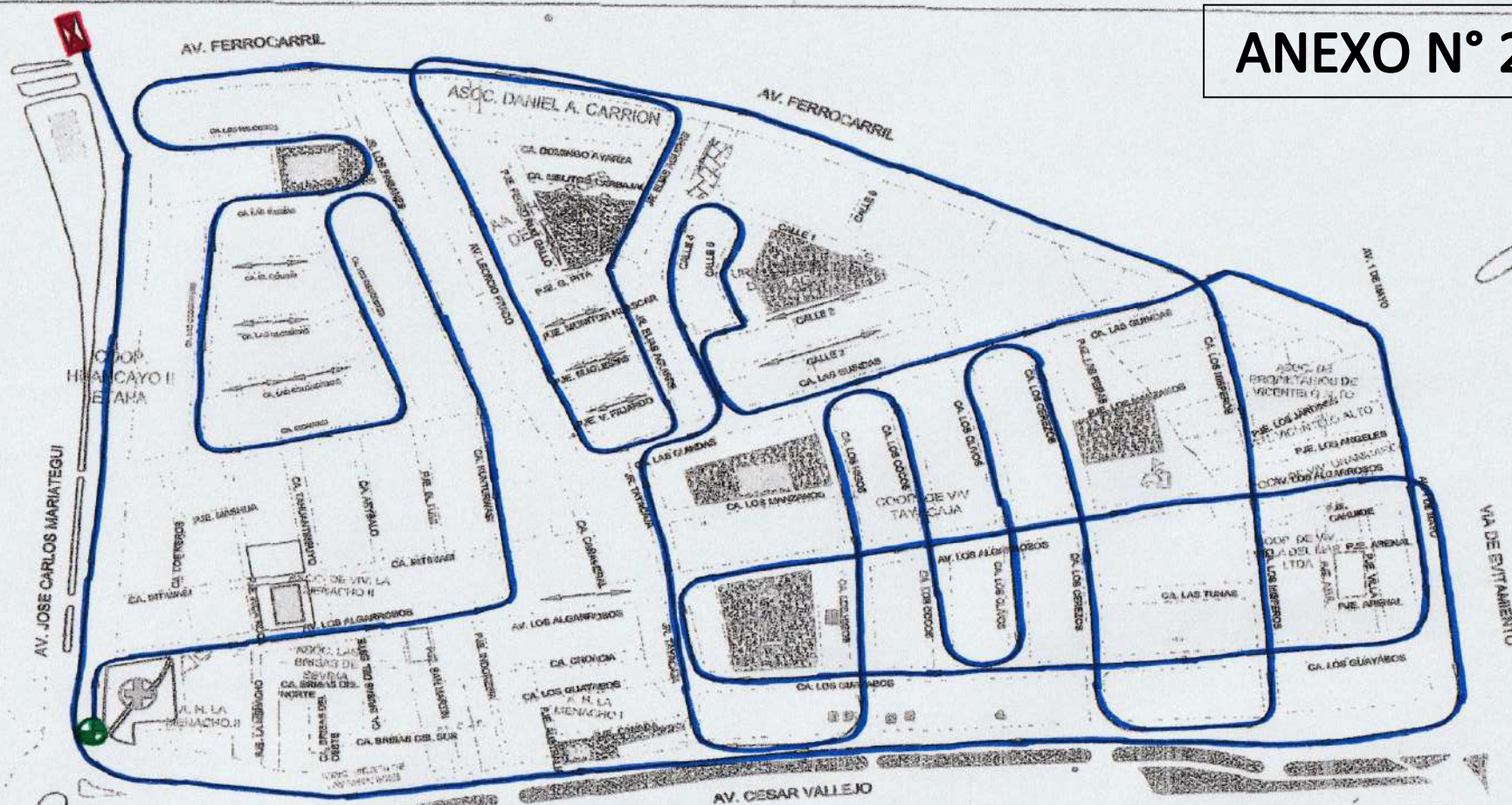








# ANEXO N° 23



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO**  
 OFICINA DE DESARROLLO URBANO  
 SUB-DIRECCION DE LIMPIEZA PUBLICA

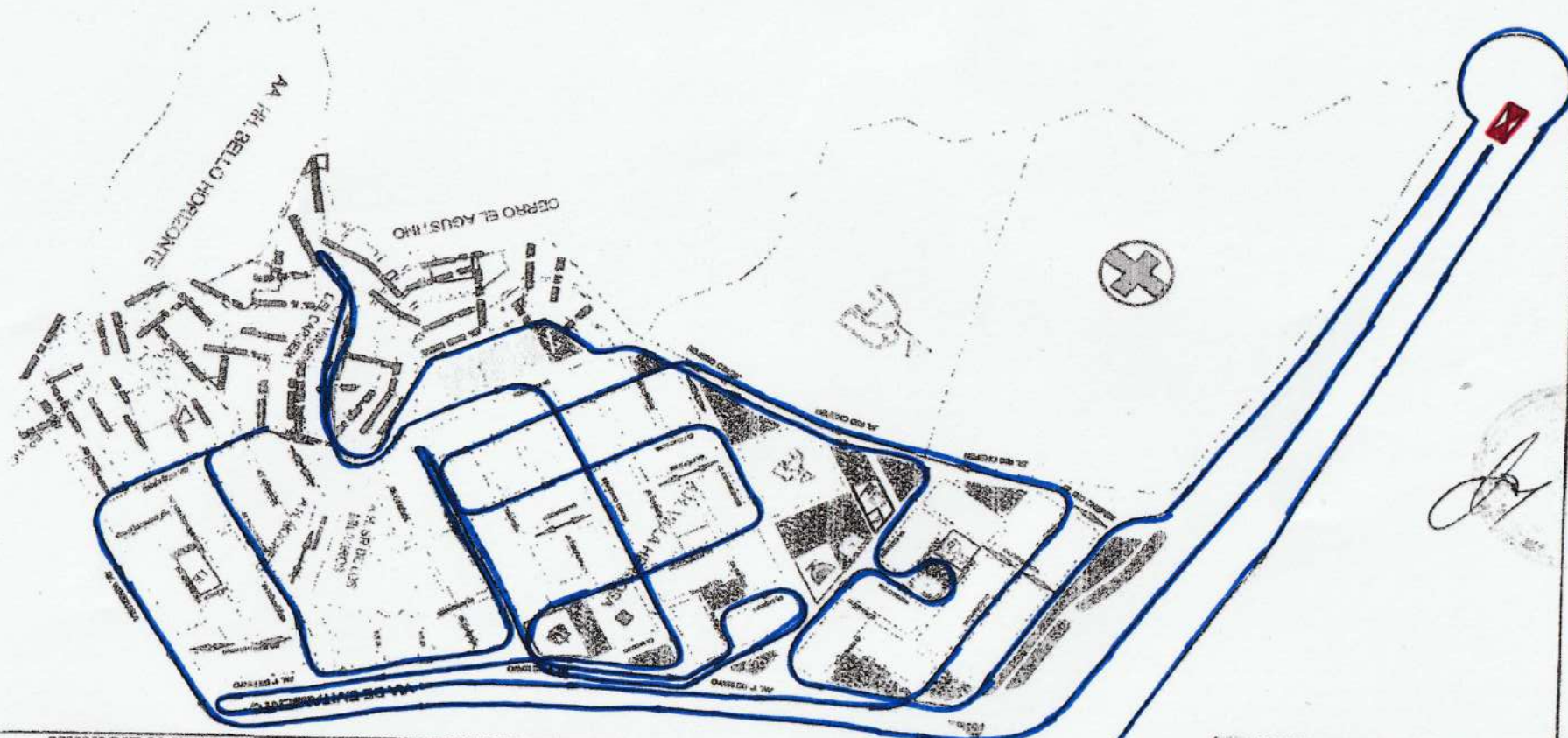
RUTA N° **09** RUTA TAYACAMA



**PLANO DE RUTAS SERVICIO DIARIO**  
*Industrias Aguayles y Serv. Gen. S.A.C.*

**LEYENDA**

- Inicio de ruta
- Fin de ruta
- Ruta

# ANEXO N° 24



 <p><b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE EL AGUSTINO</b> SECRETARIA DE SEGURIDAD ACCIDENTAL Y SUBSECRETARIA DE LUCHA CONTRA LA DELINCUENCIA</p>	 <p><i>Industrias Argentinolas y Soma Grub S.A.C.</i></p>
<p>RUTA N° <b>10</b> CINTA VILLA MERCEDES</p>	<p><b>PLANO DE RUTAS SERVICIO DIARIO</b></p>

LEYENDA	
	Inicio de ruta
	Fin de ruta
	Ruta