

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



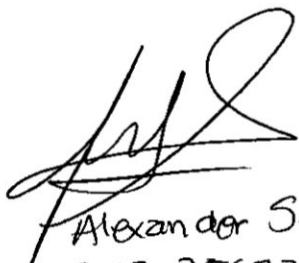
**“DISEÑO DE UNA UNIDAD GASIFICADORA TOP LIT UPDRAFT
DE 200 LITROS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBÓN VEGETAL
EN EL SUBSECTOR DE RIEGO DE CARAPONGO”**

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

ALEXANDER JAVIER SEA ORDAYA

Callao, Octubre del 2018

PERÚ


Alexander Sea Ordaya
DNI: 75687417


Dr. Juan Valmorino
CIP 20494.

**ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL
MODALIDAD: TESIS SIN CICLO DE TESIS**

Al DIECISIETE día del mes de OCTUBRE del dos mil dieciocho, siendo las 11.00am. se procedió a la instalación del Jurado de Sustentación de Tesis en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía; conformado por los siguientes docentes:

- PRESIDENTE : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- SECRETARIO : Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS
- VOCAL : Ing. JUAN GUILLERMO MANCCO PÉREZ
- ASESOR : Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA


Con el fin de dar inicio a la SUSTENTACION DE LA TESIS, presentada por los señor Bach. Ing. Mecánica SEA ORDAYA, Alexander Javier quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO, sustentaran la Tesis titulada: "DISEÑO DE UNA UNIDAD GASIFICADORA TOP LIT UP DRAFT DE 200 LITROS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN EL SUBSECTOR DE RIEGO DE CARAPONGO"

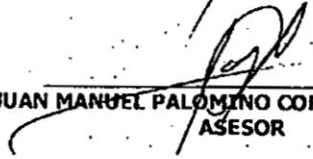
Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Sustentación de Tesis de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por APROBADO con el calificativo de BUENO (15), al señor Bach. Ing. Mecánica SEA ORDAYA, Alexander Javier.

Con lo que se dió por cerrada la sesión a las 12:35 del día 17 de Octubre del 2018.


Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
PRESIDENTE


Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS
SECRETARIO


Ing. JUAN GUILLERMO MANCCO PÉREZ
VOCAL


Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
ASESOR

*A mi madre por su apoyo
incondicional. Esta tesis
le pertenece.*

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a mis incontables maestros durante toda mi carrera profesional comenzando por mi tío el Ing. Isaac Ordaya por enseñarme el mundo de la ingeniería desde niño, a mi primo; el Ing. Hans Ordaya, por su apoyo durante mi carrera universitaria; a mis profesores de la universidad, por enseñarme las herramientas básicas de un ingeniero; a los autores de los libros y revistas que continuamente leo y repaso, que me ayudan a complementar lo aprendido en la universidad; a mis compañeros de aulas y a mis compañeros y jefes del trabajo, que sin darse cuenta también me han ayudado a realizar esta tesis.

Un especial agradecimiento a toda la comunidad ASME estudiantil y profesional, por congregarse a este grupo maravilloso de profesionales sin fronteras y no dejar que los ingenieros nos individualicemos, sino por el contrario, trabajemos en equipo y nos complementemos.

Finalmente, un agradecimiento a mi novia, la Ing. Lizbeth Guerra por ser clave en mi temprano desarrollo profesional y por no permitir que abandone la culminación de esta tesis.

ÍNDICE

CARÁTULA

PÁGINA DE RESPETO

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE | 1 |
| TABLAS DE CONTENIDO | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 8 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 10 |
| ÍNDICE DE ANEXOS | 11 |
| RESUMEN..... | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 14 |
| 1.1 Identificación del problema..... | 14 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 16 |
| 1.2.1 Problema principal..... | 16 |
| 1.2.2 Problemas específicos..... | 16 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 1.3 | Objetivos de la investigación..... | 17 |
| 1.3.1 | Objetivo General..... | 17 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos | 17 |
| 1.4 | Justificación..... | 17 |
| 1.4.1 | Justificación Política – Administrativa..... | 17 |
| 1.4.2 | Justificación Cultural | 18 |
| 1.4.3 | Justificación Tecnológica | 18 |
| 1.5 | Importancia..... | 18 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | | 20 |
| 2.1 | Antecedentes | 20 |
| 2.1.1 | Antecedentes Nacionales | 20 |
| 2.1.2 | Antecedentes Internacionales | 21 |
| 2.2 | Marco teórico | 23 |
| 2.2.1: | Subsector de riego de Carapongo | 23 |
| 2.2.2 | Gasificador TLUD | 26 |
| 2.2.3 | Pirólisis | 31 |
| 2.2.4 | Gasificación | 32 |
| 2.2.5 | Combustión..... | 33 |
| 2.2.6 | Carbón vegetal | 35 |
| 2.2.7 | Flujo de aire | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.8 Esfuerzos térmicos..... | 40 |
| 2.3 Definiciones de términos básicos | 41 |
| CAPÍTULO III: VARIABLES E HIPÓTESIS..... | 43 |
| 3.1 Variables de la investigación..... | 43 |
| 3.1.1 Variables independientes (VI)..... | 43 |
| 3.1.2 Variables dependientes (VD)..... | 43 |
| 3.2 Operacionalización de variables..... | 43 |
| 3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas..... | 44 |
| 3.3.1 Hipótesis general..... | 44 |
| 3.3.2: Hipótesis específicas..... | 44 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA | 45 |
| 4.1 Tipo de investigación | 45 |
| 4.2 Diseño de la investigación..... | 45 |
| 4.2.1 Determinación de la materia prima a usar como biomasa | 46 |
| 4.2.2 Configuración de las entradas de flujo de aire..... | 68 |
| 4.2.3 Materiales de construcción | 80 |
| 4.3 Población y muestra | 92 |
| 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 92 |
| 4.5 Procedimiento de recolección de datos | 93 |
| 4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos | 93 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO V: RESULTADOS | 94 |
| 5.1 Selección de la madera como materia prima | 94 |
| 5.2 Configuración del flujo de aire | 95 |
| 5.3 Materiales de construcción | 95 |
| CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 97 |
| 6.1 Contratación de hipótesis con los resultados | 97 |
| 6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares | 97 |
| CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES | 99 |
| CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES | 100 |
| CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 101 |
| ANEXOS | 107 |

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 2.1 LA CUENCA DEL RÍO RIMAC | 23 |
| FIGURA 2.2 SUBSECTORES DE RIEGO..... | 24 |
| FIGURA 2.3 ZONAS AGRÍCOLAS DEL SUBSECTOR DE RIEGO DE CARAPONGO | 26 |
| FIGURA 2.4 USO DE UN GASIFICADOR TLUD COMO COCINA EN UN POBLADO DE LA INDIA | 27 |
| FIGURA 2.5 FOTOGRAFÍA DEL DR. THOMAS B. REED | 28 |
| FIGURA 2.6 TIPOS DE GASIFICADORES SEGÚN EL FLUJO DEL AGENTE GASIFICANTE..... | 29 |
| FIGURA 2.7 PRODUCTOS DE LA PIRÓLISIS | 32 |
| FIGURA 2.8 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON UN GASIFICADOR | 33 |
| FIGURA 2.9 COLOR DE LA LLAMA DE UNA COMBUSTIÓN | 34 |
| FIGURA 2.10 REPRESENTACIÓN DEL TRIÁNGULO DE FUEGO | 35 |
| FIGURA 2.11 CARBÓN VEGETAL..... | 36 |
| FIGURA 2.12 POROSIDADES DEL CARBÓN VEGETAL | 37 |
| FIGURA 2.13 GRÁFICA DE ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL ACERO A DIFERENTES TEMPERATURAS | 40 |
| FIGURA 4.1 VISTA AÉREA DEL SUBSECTOR DE RIEGO DE CARAPONGO | 47 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 4.2 PARCELA UBICADA AL LADO DE LA CARRETERA | |
| CENTRAL..... | 48 |
| FIGURA 4.3 PARCELA UBICADA EN LA ZONA AGRÍCOLA CAMPO SOL | |
| | 48 |
| FIGURA 4.4 MATERIALES USADOS PARA LA FORMACIÓN DEL | |
| COMPOST | 53 |
| FIGURA 4.5 DISPOSICIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE | |
| COMPOST | 54 |
| FIGURA 4.6 TRITURACIÓN DE LA MALEZA | 54 |
| FIGURA 4.7 FLUJO DE TRATAMIENTO DE LA MALEZA DE LA | |
| MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA | 55 |
| FIGURA 4.8 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y LA MOLINA | 56 |
| FIGURA 4.9 PORCENTAJE MÁXICO DE LOS TIPOS DE MALEZA | |
| RECOLECTADAS POR LA MUNICIPALIDAD DE | |
| MIRAFLORES..... | 57 |
| FIGURA 4.10 VEHÍCULOS DE RECOJO DE MALEZA EN MIRAFLORES | 58 |
| FIGURA 4.11 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y MIRAFLORES | 59 |
| FIGURA 4.12 GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL | |
| DISTRITO DE ATE..... | 62 |
| FIGURA 4.13 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y SAN JUAN DE | |
| LURIGANCHO..... | 65 |
| FIGURA 4.14 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y SANTA ANITA..... | 68 |
| FIGURA 4.15 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ECUACIÓN 4.5 | 74 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 4.16 DIMENSIONES DEL REACTOR DE LA UNIDAD GASIFICADORA | 75 |
| FIGURA 4.17 ENERGÍA EN LA BIOMASA Y EN EL SYNGAS | 78 |
| FIGURA 4.18 CURVA DE OPERACIÓN VENTILADOR 612NGLE | 79 |
| FIGURA 4.19 PERFIL DE TEMPERATURA DE CARBÓN VEGETAL DEL EUCALIPTO | 81 |
| FIGURA 4.20 HUMEDAD EN LIMA EN ÉPOCA DE VERANO..... | 82 |
| FIGURA 4.21 HUMEDAD EN LIMA EN ÉPOCA DE INVIERNO..... | 82 |
| FIGURA 4.22 JUNTA A TOPE SOLDADA SIN USO DE CINTA DE REFUERZO | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 2.1 PRINCIPALES CULTIVOS EN CARAPONGO..... | 30 |
| TABLA 2.2 ZONAS AGRÍCOLAS DE CARAPONGO | 38 |
| TABLA 2.3 TIPOS DE GASIFICADORES SEGÚN SU FLUJO DE AGENTE GASIFICANTE..... | 30 |
| TABLA 2.4 CONCENTRACIÓN EN PPM DE LOS COMPONENTES DEL AIRE | 38 |
| TABLA 4.1 VARIEDAD DE ÁRBOLES EN LIMA | 51 |
| TABLA 4.2 HISTÓRICO DE LA MALEZA RECOLECTADAS POR LA MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES..... | 59 |
| TABLA 4.3 GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE ATE | 61 |
| TABLA 4.4 COMPOSICIÓN DETALLADA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ATE | 63 |
| TABLA 4.5 CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS DIARIAMENTE EN SAN JUAN DE LURIGANCHO | 64 |
| TABLA 4.6 COMPOSICIÓN DETALLADA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN SAN JUAN DE LURIGANCHO | 66 |
| TABLA 4.7 CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS DIARIAMENTE EN SANTA ANITA..... | 67 |
| TABLA 4.8 COMPOSICIÓN DETALLADA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN SANTA ANITA | 69 |

| | |
|---|----|
| TABLA 4.9 TABULACIÓN DE VALORES DEL DIÁMETRO CON RESPECTO AL TIEMPO DE OPERACIÓN | 72 |
| TABLA 4.10 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SYNGAS DE LA BIOMASA | 76 |
| TABLA 4.11 APLICACIONES DE LOS ACEROS AL CARBONO..... | 85 |
| TABLA 4.12 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS ACEROS INOXIDABLES..... | 87 |
| TABLA 4.13 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS MÁS COMERCIALES | 89 |
| TABLA 4.14 COSTO DE LOS MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE LA UNIDAD GASIFICADORA..... | 92 |
| TABLA 5.1 RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE MADERA..... | 94 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|----------------------------|----|
| ECUACIÓN 2.1 | 39 |
| ECUACIÓN 2.2 | 40 |
| ECUACIÓN 4.1 | 70 |
| ECUACIÓN 4.2 | 71 |
| ECUACIÓN 4.3 | 71 |
| ECUACIÓN 4.4 | 71 |
| ECUACIÓN 4.5 | 73 |
| ECUACIÓN 4.6 | 77 |
| ECUACIÓN 4.7 | 86 |
| ECUACIÓN 4.8 | 86 |
| ECUACIÓN 4.9 | 88 |
| ECUACIÓN 4.10 | 88 |
| ECUACIÓN 4.11 | 88 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 107 |
| ANEXO 2 ÁREAS VERDES, POR TIPO, SEGÚN DISTRITO, 2010 | 109 |
| ANEXO 3 ENCUESTAS REALIZADAS A LAS FAMILIAS AGRICULTORAS DE CARAPONGO..... | 110 |
| ANEXO 4 FICHA TÉCNICA DE LOS VENTILADORES SERIE 600NG MARCA EBM PAPST | 113 |
| ANEXO 5 COTIZACIÓN DEL VENTILADOR 612NGLE MARCA EBM PAPST:..... | 114 |
| ANEXO 6 COTIZACIÓN DE LAS PLANCHAS DE ACERO ASTM A36 | 115 |
| ANEXO 7 COTIZACIÓN DE LAS PLANCHAS DE ACERO AISI 304L | 116 |
| ANEXO 8 PLANOS DE FABRICACIÓN | 117 |

RESUMEN

En la presente tesis se desarrolló el diseño de una unidad gasificadora TLUD de 200 L para el uso de las familias que practican la agricultura urbana en el subsector de riego de Carapongo, con el fin de mejorar la calidad en sus cosechas. Se determinó que la madera a utilizar puede ser obtenida gracias a las municipalidades aledañas, por ejemplo, Ate, La Molina, Miraflores, San Juan de Lurigancho, Santa Anita, que mediante la poda de sus respectivos parques obtienen toneladas de esta materia prima, más que suficiente, ya que para el reactor se necesitan solo 100 Kg para su funcionamiento. Para la entrada primaria de aire se determinó que su flujo debe ser 11.79 m³/h. Si el flujo de aire es mayor, se combustionará un mayor porcentaje de masa de biomasa y si el flujo de aire es menor, entonces, la biomasa no terminará de transformarse en carbón vegetal. Es por ello que se determinó usar un ventilador modelo 612NGLE de la marca EBM PAPST que garantiza la entrada de dicho flujo. La entrada secundaria de aire tiene como función combustionar el biogás generado por lo que simplemente se dejó una abertura en la parte superior para el ingreso de aire. Los materiales de fabricación determinados son el acero AISI 304L, para los componentes que están directamente en contacto con el reactor, y el acero ASTM A36, para los componentes de la base del reactor que solo tiene un fin estructural. Se optó por el acero AISI 304L por ser un material que soporta muy bien las altas temperatura y la corrosión. Para la selección de estos materiales se evaluaron sus propiedades mecánicas y sus precios en el mercado. Finalmente, se determinó que el monto total a usar en los materiales de construcción es \$450 incluyendo el IGV.

ABSTRACT

In the present thesis a TLUD unit gasifier of 200L was developed for the use of families that practice urban agriculture in the irrigation subsector of Carapongo, in order to improve quality in their harvest. It was determined that the wood to use can be obtained by the surrounding municipalities, for example, Ate, La Molina, Miraflores, San Juan de Lurigancho, Santa Anita, that, through the trimming of their respective parks, they can obtain tons of this raw material, more than enough, since the reactor only needs 100 Kg for its operation. For the primary air inlet, it was determined that its flow should be 11.79 m³ / h. If the air flow is greater, a higher percentage of mass of biomass will be combusted and if the air flow is lower, then, the biomass will not end up transforming into charcoal. That is why it was determined to use a 612NGLE model of EBM PAPST brand fan that guarantees the entry of the indicated flow. The secondary air inlet has the function to combust the biogas generated, so an opening was simply left in the upper part for the air intake. The determined materials of manufacture are the steel AISI 304L, for the components that are directly in contact with the reactor, and the steel ASTM A36, for the components of the base of the reactor that only has a structural end. AISI 304L steel was chosen because it is a material that supports high temperatures and corrosion very well. For the selection of these materials their mechanical properties and their prices in the market were evaluated. Finally, it was determined that the total amount to be used in the construction materials is \$ 450 including IGV.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

El río Rímac es la fuente de agua más importante de Lima porque abastece al 80% de la región, la cual, según el INEI en el 2015, tiene 9 millones 752 mil habitantes que es casi el 30% de la población total del Perú. Sabiendo esto, el Río Rímac debería ser el afluente mejor cuidado del país, no solo por el Estado, sino también por las empresas privadas y los distritos aledaños. Sin embargo, la realidad es muy diferente. Debido al incremento poblacional, han aparecido diversos tipos de viviendas y fábricas que hacen uso desmedido del agua o usan el río como desagüe común. La agricultura urbana es el sector más golpeado por la contaminación de las aguas. De acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua, entre los años 2010 y 2011 se han identificado 134 fuentes contaminantes, las cuales comprenden vertimientos de aguas residuales industriales, vertimiento de aguas residuales de riego, botadero de residuos sólidos, etc. Además de 527 tuberías conectadas al río para vertimiento de aguas residuales domésticas, de las cuales 488 son intermitentes (ANA, 2011). Un monitoreo realizado por la Autoridad Nacional del Agua en abril del 2012 revela que la actual contaminación del afluente supera de lejos los niveles internacionales de calidad ambiental (Aquafondo).

De seguir con la situación actual, la calidad de los productos agrícolas se reduciría. Consumir alimentos contaminados puede provocar desde una diarrea crónica, problemas en el sistema nervioso, el sistema reproductivo e incluso la

muerte. Las familias agricultoras también serían afectadas porque perderían el prestigio de sus productos y por lo tanto se reduciría su oferta provocando un mayor desempleo para los dueños de parcelas, sus familias y trabajadores contratados. Esto también provocaría la reducción de las áreas agrícolas por urbanas, perdiéndose la flora y fauna de la región. Por otro lado, el desabastecimiento de alimentos se convertiría un grave problema que solo sería solucionable si es que estos se importarán de otras regiones, una práctica poco económica, ya que los precios en el mercado local aumentarían.

La unidad gasificadora TLUD es un equipo no patentado que tiene muchas variantes. Gracias a ello cada diseñador puede añadir, quitar o modificar elementos para optimizar y obtener los resultados deseados. Una de las principales ventajas de este dispositivo es que se pueden utilizar diferentes tipos de residuos orgánicos como materia prima, pero se tiene que evaluar cuál es el tipo de madera más abundante y accesible a las familias agricultoras del subsector de Carapongo. El carbón vegetal es el producto que se obtiene de la biomasa luego de someterlo a un proceso de combustión con oxígeno restringido llamado pirólisis. Por lo general se utilizan maderas y cáscaras de frutos secos como materia prima.

Muchos modelos de este equipo solo garantizan la entrada de aire al reactor a través de agujeros en la base del mismo; sin embargo, de esta manera no se puede realizar un control de alimentación de oxígeno durante el proceso de gasificación, y por ende no existe control de la temperatura dentro del reactor que es necesaria para el desarrollo sustancial de la superficie y la microporosidad en el carbón vegetal. La unidad gasificadora TLUD trabaja a altas temperaturas, por lo tanto, es

importante seleccionar los materiales correctos que puedan soportar las cargas térmicas generadas por la combustión. Finalmente, es importante conocer cuáles serán los costos de fabricación para que así sea económicamente accesible para las familias que practican la agricultura urbana en el subsector de riego de Carapongo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

- ¿Cómo diseñar una unidad gasificadora TLUD de 200 litros que permita generar carbón vegetal para mejorar la calidad de las hortalizas en el subsector de riego de Carapongo?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo seleccionar la madera que será utilizada como materia prima de la unidad gasificadora TLUD para obtener carbón vegetal en el subsector de riego de Carapongo?
- ¿Cómo configurar el flujo de aire para alimentar y mantener la combustión dentro del reactor de la unidad gasificadora TLUD?
- ¿Cuáles son los materiales de fabricación que permitan soportar los esfuerzos térmicos generadas dentro del reactor de la unidad gasificadora TLUD?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar una unidad gasificadora TLUD de 200 litros que permita generar carbón vegetal para mejorar la calidad de las hortalizas en el subsector de riego de Carapongo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar la madera que será utilizada como materia prima de la unidad gasificadora TLUD para obtener carbón vegetal en el subsector de riego de Carapongo.
- Determinar la configuración del flujo de aire para alimentar y mantener la combustión dentro del reactor de la unidad gasificadora TLUD.
- Determinar las características de los materiales de fabricación que permita soportar los esfuerzos térmicos generadas dentro del reactor de la unidad gasificadora TLUD.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Política – Administrativa

En el año 2003, las principales autoridades de los distritos del Cono Este y Cono Sur de Lima, en presencia de diversas autoridades internacionales, firmaron un compromiso para reconocer la importancia de la agricultura urbana. Es por ello que la Municipalidad Metropolitana de Lima, desde el año 2012, promueve la práctica de la agricultura urbana con la Ordenanza Municipal N° 1629. Con dicha

ordenanza se espera proteger las áreas agrícolas de la ciudad así como también fomentar la producción de alimentos saludables, mejorar la calidad de vida de los agricultores urbanos, generar fuentes de ingresos secundarios mediante la comercialización de los insumos producidos, etc.

1.4.2 Justificación Cultural

Es notoria la reducción del territorio rural por el urbano debido al aumento de la población en los últimos años. Al mismo tiempo se está reduciendo la práctica de la agricultura urbana que es muy importante para abastecer de productos alimenticios a la ciudad de Lima. Usar agua filtrada, libre de productos químicos, residuos humanos y metales pesados, mejora la calidad de los productos y por lo tanto motiva a las familias a continuar con esta práctica que desde hace varias décadas forma parte de su legado cultural.

1.4.3 Justificación Tecnológica

Esta investigación ayuda a seguir desarrollando y mejorando la gasificación tipo Top Lit Up Draft, que recientemente empieza a ser tomado en serio por diferentes ONGs alrededor del mundo porque logra una combustión más limpia de la biomasa, se obtiene mayor cantidad de carbón vegetal y se pueden usar una gran variedad de residuos sólidos orgánicos como combustible.

1.5 Importancia

Esta investigación es importante para las familias que se dedican a la agricultura urbana en el subsector de Carapongo, ya que una de las principales actividades que realizan es el riego. La promoción de la agricultura urbana en la

región es importante porque mejora la calidad de vida de la población, generando suficientes alimentos para su propio consumo y comercialización. Para regar sus cultivos, las familias agricultoras pueden hacer uso del agua del río Rímac. Sin embargo, según un informe del ANA entre el 2010 y el 2011, el agua del río Rímac contiene metales pesados, productos químicos y desechos humanos lo cual lo hace no apto para el riego. Los gastos de producción de carbón vegetal serían mínimas porque se utilizan la propia materia prima que el agricultor tiene a su alrededor.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Título: “Diseño de un gasificador Downdraft invertido de 2600 kcal/h que emplea cascarilla de arroz como combustible”

Autor: Diego Alonso Huaripoma Vega

Lugar de publicación: Lima, Perú

Resultados: El autor realiza el diseño de un gasificador Downdraft invertido para aprovechar la cascarilla de arroz, que surge como un residuo agrícola luego del proceso de molienda. Usa un gasificador Downdraft invertido porque son ideales para la gasificación de biomasa de densidad baja y tamaño pequeño con el cual obtiene un gas combustible con alto contenido en nitrógeno. El autor adiciona un ciclón para limpiar el gas obtenido de las cenizas que estas puedan contener para finalmente pasar al quemador. Así obtiene una fuente de calor limpia y de bajo costo para uso doméstico. El autor adiciona un aislante térmico que envuelve al reactor con un espesor de $\frac{3}{4}$ de pulgada. El material que usa para la fabricación del reactor es de acero inoxidable AISI 304L en su totalidad. También, adiciona un ventilador en la entrada al reactor para que proporcione, de manera controlada, el flujo de aire necesario para mantener la gasificación de la biomasa. Este proyecto sirve como base para entender que el flujo de aire que ingresa al reactor debe ser controlado para obtener una mejor

combustión. Finalmente, se obtiene un gasificador que tiene un coste de S/ 7296.00 que incluye al gasificador, el ciclón y el quemador de gas.

Título: “Diseño de un gasificador de 25 kW para aplicaciones domésticas usando como combustible cascarilla de arroz”

Autor: Carlos Yi Huaraz Choi

Lugar de publicación: Lima, Perú

Resultados: El autor usa como biomasa para su gasificador la cascarilla de arroz por el gran potencial en Perú que no es aprovechado. Al igual que en el antecedente anterior, el autor usa un ciclón diseñado en su totalidad y un quemador para generar calor a partir del syngas generado. Para disminuir la temperatura del syngas generado, propone utilizar un intercambiador de calor tipo coraza y tubos que reduce la temperatura del syngas de 600° a 200°C que usa agua como refrigerante. También, adiciona un ventilador de 12v que controla el ingreso de 56.1 m³/h de flujo de aire al reactor. El autor usa el acero SA36 para su construcción. Este proyecto ayuda a entender el proceso de diseño del reactor de acuerdo a las condiciones de trabajo a la cual va a operar. Finalmente, obtiene un gasificador con una potencia de 25kW que usa 11.6 kg de biomasa en cada batch que tiene un costo de fabricación de S/12570.00 incluyendo los materiales, equipos, mano de obra y costos de ingeniería.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Título: “Simultaneous Biochar and Syngas Production in a Top Lit Updraft Biomass Gasifier”

Autor: Arthur M. James Rivas

Lugar de Publicación: Panamá.

Resultados: El autor realizar la investigación sobre el potencial que tiene utilizar una unidad gasificadora Top Lit Up Draft como una alternativa para la producción de carbón vegetal y gas sintético a partir de residuos de biomasa. El autor encuentra que el aumento del flujo de aire provoca que la proporción de carbón vegetal generado disminuya ligeramente, y además encuentra que hay una gran reducción de alquitrán, lo cual es bastante beneficioso. También encuentra que incluir un sistema de aislamiento térmico al equipo provoca que los niveles de alquitrán aumenten. Este proyecto sirve para entender la importancia del control del flujo de aire que ingresa al reactor, lo que da pie a instalar obligatoriamente un ventilador en la entrada al reactor. Finalmente, sirve para descartar al aislamiento térmico, no solo porque los niveles de alquitrán aumentarían, sino porque también es un costo que se ahorra en el presupuesto final.

Título: "Parameterisation of a TLUD Cookstove for Reduced Emissions"

Autor: Shu May Han

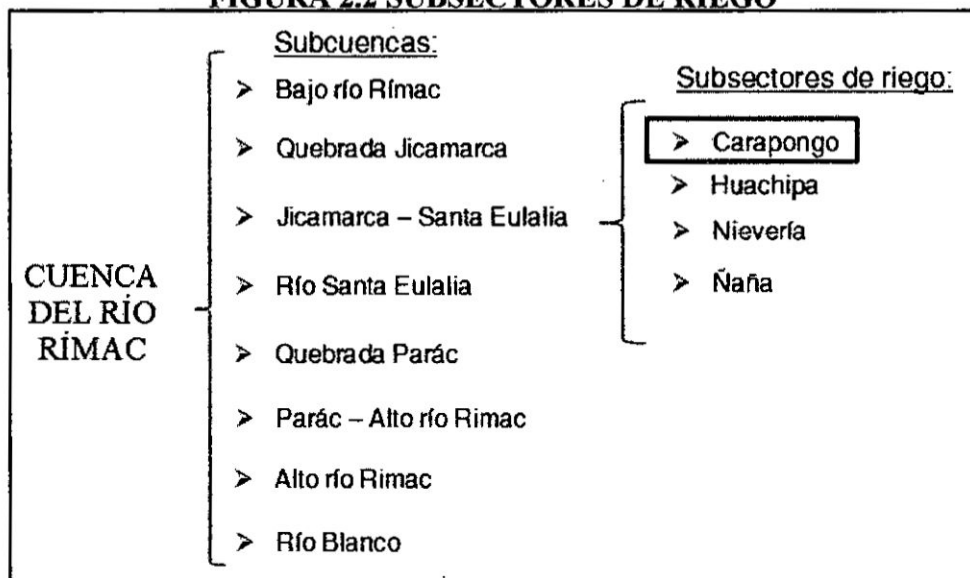
Lugar de publicación: Australia

Resultados: El autor realiza este proyecto para estudiar el impacto medioambiental del uso de un gasificador TLUD como cocina, aprovechando el calor que se genera en la chimenea durante la combustión de la biomasa dentro del reactor. El autor encuentra que la altura de la biomasa dentro del reactor debe

El río Rímac viene a ser la fuente de agua más importante de la región Lima ya que en ella se encuentra alrededor del 30% de la población nacional. Sus aguas son utilizadas para el consumo humano, para la agricultura e inclusive se pueden encontrar 5 centrales hidroeléctricas: Huampaní, Matucana, Huinco, Barbablanca y Juan Carosio (Orregos Peñagos, 2010)

El río Rímac baña a la provincia constitucional del Callao y a las provincias de Lima y Huarochirí, generando 11272.5 Ha de área agrícola, de la cuales 4358.27 Ha cuentan con autorización de uso del agua (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

FIGURA 2.2 SUBSECTORES DE RIEGO



Fuente: Elaboración propia

Carapongo pertenece a la subcuenca de Jicamarca - Santa Eulalia, y esta a su vez, pertenece a una de las 8 subcuencas del río Rímac. Aquí se cultiva principalmente apio, col, perejil, lechuga, rabanito, nabo y betarraga, entre otras (Juárez, 2012).

TABLA 2.1 PRINCIPALES CULTIVOS EN CARAPONGO

| Hortalizas | Hectáreas de cultivo |
|------------|----------------------|
| Apio | 38 |
| Col | 31 |
| Perejil | 23 |
| Lechuga | 39 |
| Nabo | 88 |
| Betarraga | 97 |

Fuente: Contaminación del río Rímac por metales pesados (Juárez, 2012)

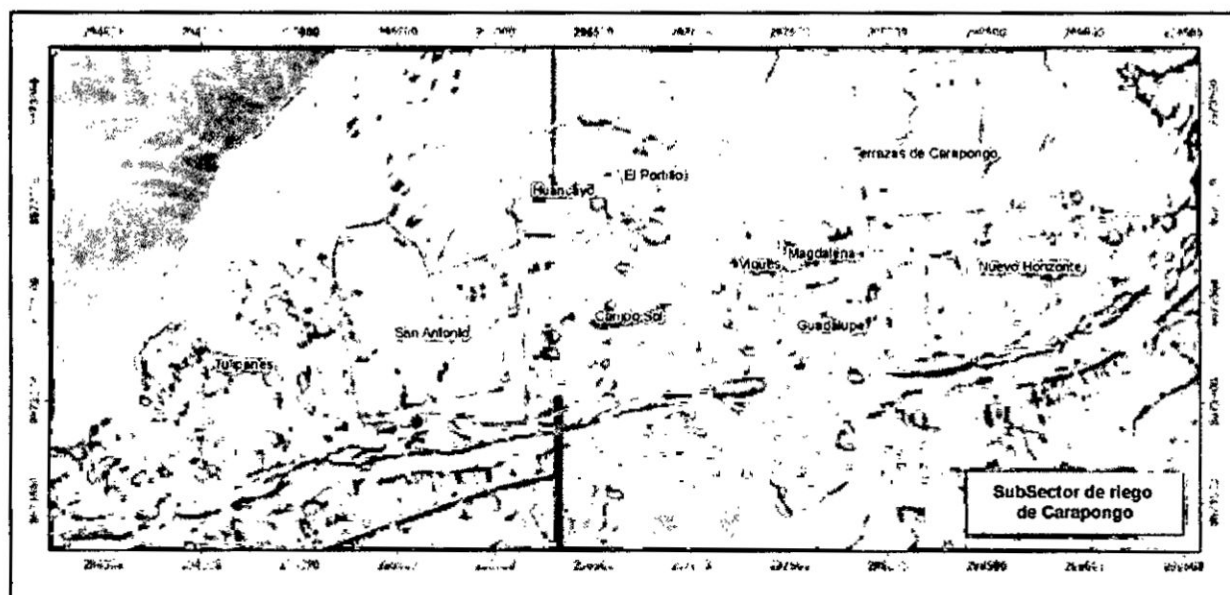
Carapongo también está dividido en 6 zonas agrícolas: Los Tulipanes, San Antonio (totalmente urbanizado), Campo Sol, Guadalupe, María Magdalena y Viques, Portillo y Huancayo, y Nuevo Horizonte (Juárez, 2012).

TABLA 2.2 ZONAS AGRÍCOLAS EN CARAPONGO

| Zonas Agrícolas | Hectáreas |
|-------------------------------------|-----------|
| Los Tulipanes | 68.6 |
| San Antonio | 66.8 |
| Campo Sol | 78.2 |
| Guadalupe, María Magdalena y Viques | 71.7 |
| Portillo y Huancayo | 56 |
| Nuevo Horizonte | 51.2 |

Fuente: Contaminación del río Rímac por metales pesados (Juárez, 2012)

FIGURA 2.3 ZONAS AGRÍCOLAS DEL SUBSECTOR DE RIEGO DE CARAPONGO



Fuente: Contaminación del río Rímac por metales pesados (Juárez, 2012)

2.2.2 Gasificador TLUD

El gasificador TLUD es un dispositivo que utiliza biomasa combustible para generar calor y que tiene ciertas configuraciones de flujo de aire, lo cual hace que sus emisiones sean limpias durante su uso. Su nombre proviene de su funcionamiento. Top Lit (enciendo superior) - Up Draft (barrido ascendente) quiere decir que la biomasa se enciende en la parte superior, mientras un flujo de aire ingresa al reactor del gasificador por la parte inferior. Originalmente, el gasificador TLUD fue concebido para usarlo como fuente de calor para cocinas, siendo una gran opción para las familias de comunidades rurales que no contaban con acceso a balones de gas propano para la cocción de sus alimentos, en contraste con las cocinas a leña, que como se sabe muy bien, generan demasiado humo causando daños respiratorios a las personas y daños en la infraestructura.

FIGURA 2.4 USO DE UN GASIFICADOR TLUD COMO COCINA EN UN POBLADO DE LA INDIA



Fuente: <http://drtlud.com/deganga-tlud-project-2016>

La tecnología TLUD fue desarrollado por el Dr. Thomas B. Reed en 1985 durante un viaje a Sudáfrica (Anderson P. S.). Ideó durante 10 años lo que hoy se conoce como cocina TLUD con entrada natural de aire, aunque en un inicio no tuvo el éxito esperado. Posterior a ello, diversos investigadores y ONGs tomaron dicha tecnología para desarrollarla ya que se dieron cuenta de sus grandes ventajas como fuente de calor para la cocción de alimentos.

Existe un tipo de clasificación para los gasificadores de acuerdo a su configuración de su flujo:

- Gasificador Updraft.- El agente gasificante se desplaza hacia arriba mientras que la biomasa desciende por efecto de la gravedad. El gas generado se extrae desde la parte superior.

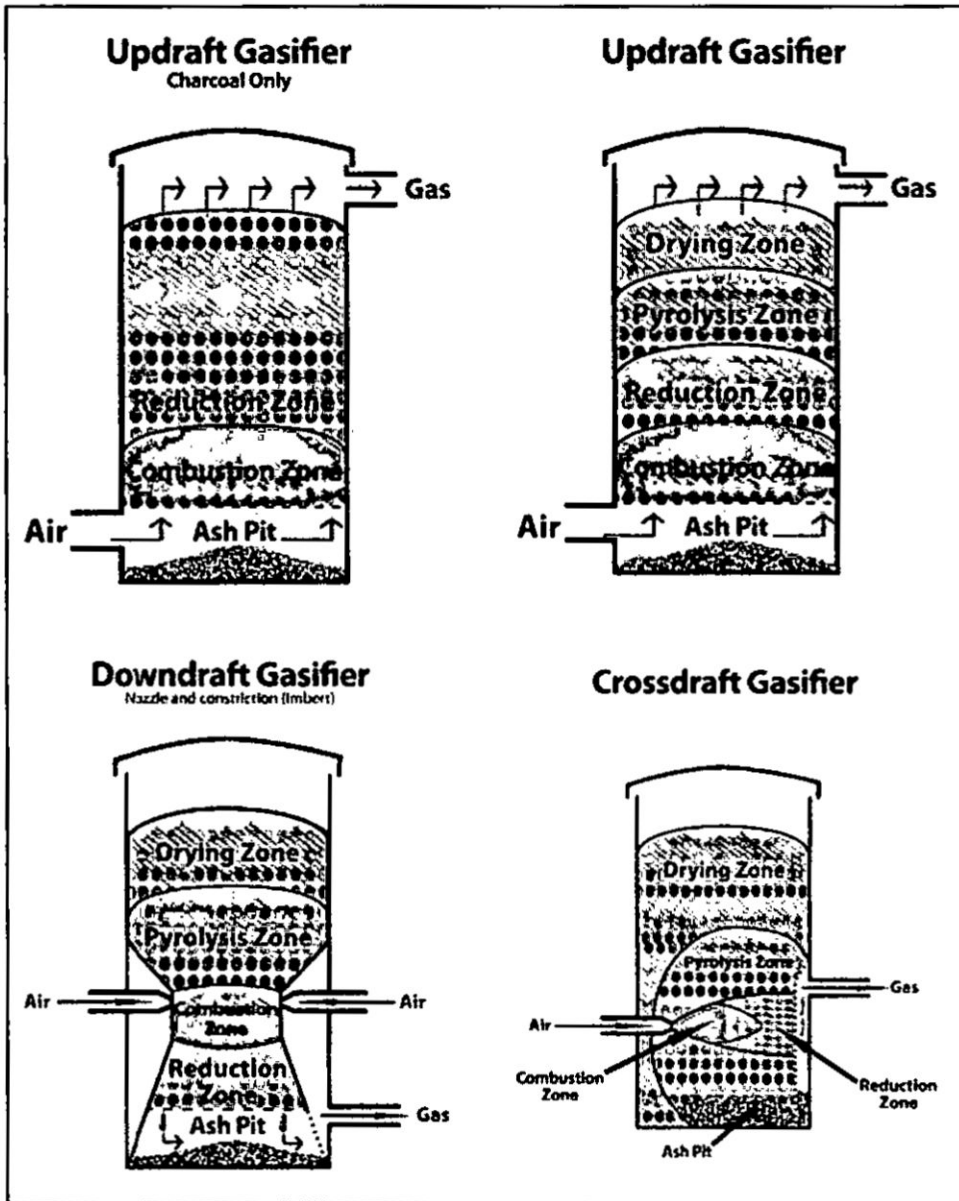
- Gasificador Downdraft.- El agente gasificante se desplaza hacia abajo, paralelo a la dirección de la biomasa. Por lo general la entrada de aire es en la zona media. El gas se extrae desde la parte inferior
- Gasificador Crossdraft.- El agente gasificante ingresa por la parte media atravesando toda la biomasa. El gas se extrae del lado opuesto a la entrada del aire.

FIGURA 2.5 FOTOGRAFÍA DEL DR. THOMAS B. REED



Fuente: <http://drtlud.com/BEF/tombio.htm>

FIGURA 2.6 TIPOS DE GASIFICADORES SEGÚN EL FLUJO DEL AGENTE GASIFICANTE



Fuente: <http://www.allpowerlabs.com/gasification-basics/gasifier-types>

Cada uno de uno de estos tipos de gasificadores tiene sus ventajas y sus desventajas las cuales se pueden ver en la tabla 2.1.

Los gasificadores también se pueden clasificar según la fuente de energía que se usa para su funcionamiento:

- Alotérmico.- usa una fuente externa de calor, ajeno a la biomasa dentro del gasificador, para llevar a cabo el proceso.
- Autotérmico.- se combustiona parte de la biomasa para generar el calor necesario para llevar a cabo el proceso.

En este caso, el gasificador TLUD viene a ser un gasificador del tipo Autotérmico, ya que utiliza cierta cantidad de la biomasa para generar el calor y la combustión necesaria dentro del reactor.

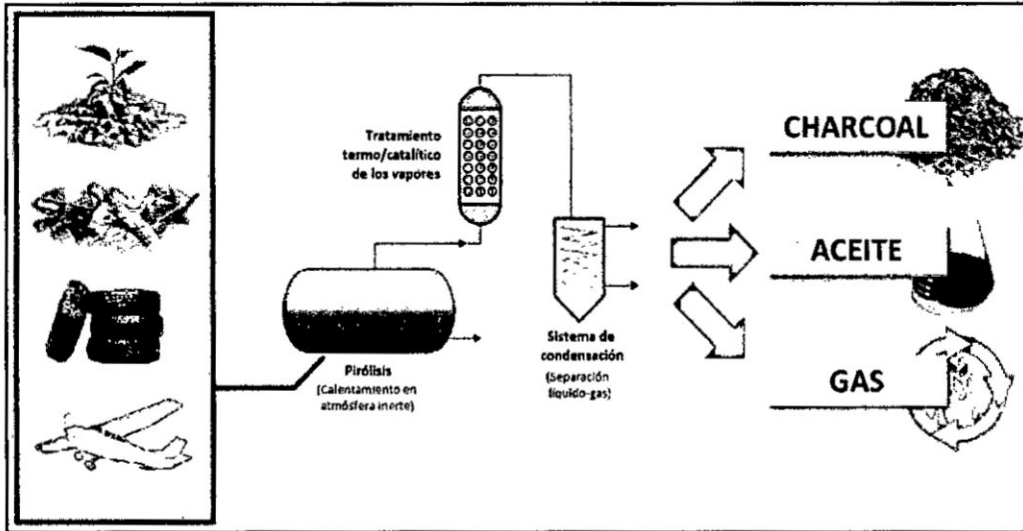
2.2.3 Pirólisis

La pirólisis es un proceso termoquímico que consiste en calentar en ausencia de oxígeno la biomasa a altas temperaturas, para que así se pueda descomponer en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. El proceso de pirólisis se da de la siguiente manera (Emrich, 1985):

- Hasta la temperatura de 170°C la biomasa se deshidrata y pierde toda su humedad.
- Luego, a 270°C se empieza a emitir monóxido y dióxido de carbono. A medida que se va aumentando la temperatura se van emitiendo sustancias volátiles.
- Al llegar aproximadamente a la temperatura de 600°C la emisión de sustancias volátiles cesa. En este punto, la materia prima se convierte en carbón vegetal.

De la pirólisis se puede obtener como resultado: carbón vegetal, aceite, y gas

FIGURA 2.7 PRODUCTOS DE LA PIROLISIS

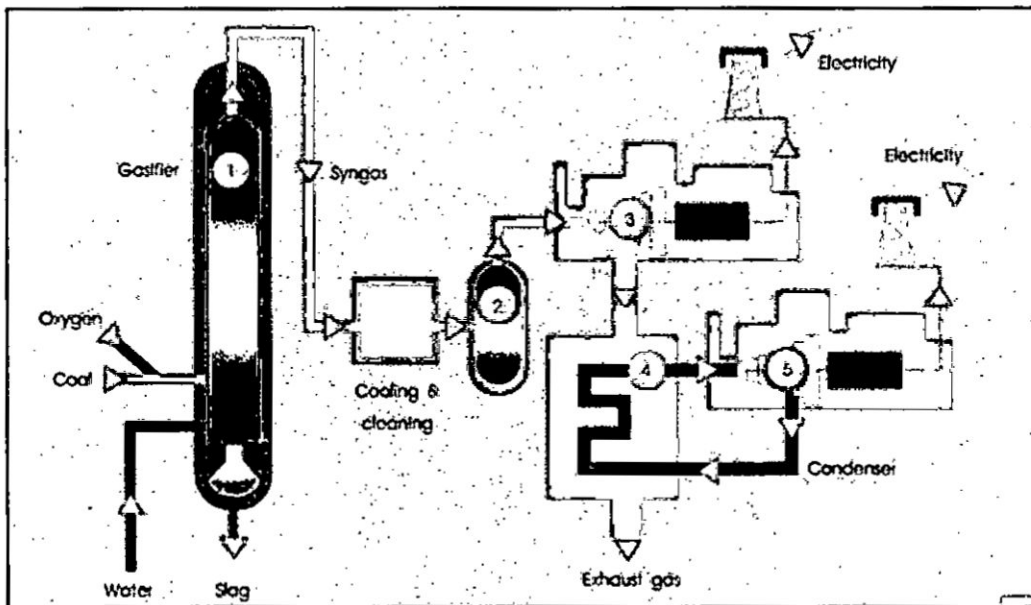


Fuente: <https://www.ehu.eus/es/web/supren/pirolisi-eta-gasifikazioa>

2.2.4 Gasificación

La gasificación es un proceso termoquímico en el cual la biomasa sólida es calentada a altas temperaturas con oxígeno restringido para descomponerlo y obtener finalmente gas pobre, si el agente gasificante es aire, o gas rico, si el agente gasificante es oxígeno, obteniéndose un mayor poder calorífico (Probiomasa). Este gas puede ser almacenado para una futura utilización en centrales térmica, centrales eléctricas, motores de combustión interna o simplemente para uso doméstico (v.g. para cocinar). En nuestro caso no es necesario usar oxígeno puro como agente gasificante, ya que el gas que se extraerá de la biomasa no tendrá ninguna aplicación posterior, sino simplemente que se usara para quemarlo y mantener el proceso de gasificación encendido.

FIGURA 2.8 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON UN GASIFICADOR



Fuente: <https://es.dreamstime.com/stock-de-ilustraci%C3%B3n-sistema-de-la-gasificaci%C3%B3n-image83363081>

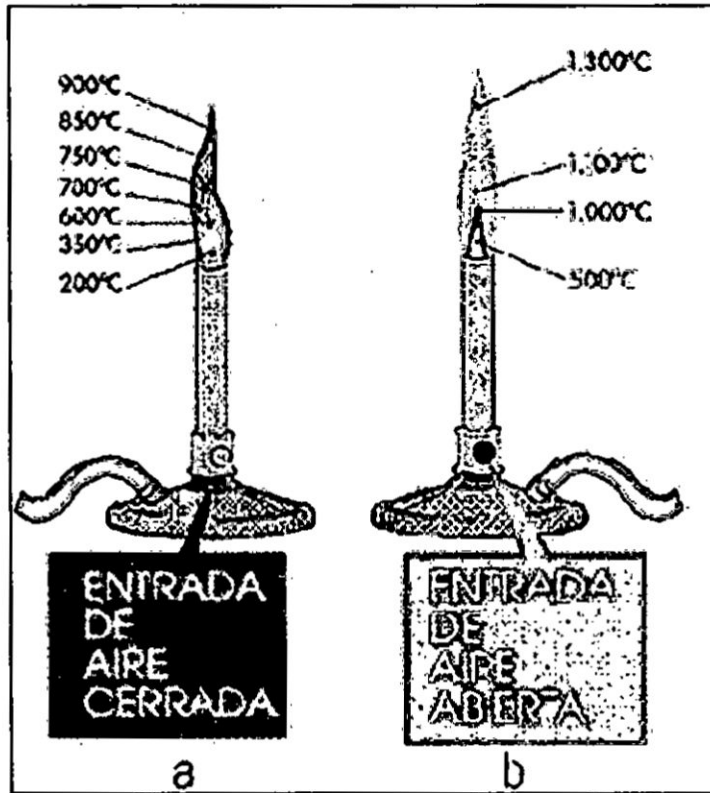
2.2.5 Combustión

A diferencia de los procesos anteriormente descritos, la combustión es una reacción exotérmica que resulta de la mezcla entre un combustible y un agente oxidante, llevándolos a la temperatura de ignición. El resultado de la combustión son las altas emisiones de calor y cenizas. De acuerdo a la proporción de aire-combustible, la combustión se puede clasificar de la siguiente manera:

- Combustión completa-. La combustión se realiza con la cantidad suficiente de oxígeno para quemar completamente el combustible. Los productos generados son dióxido de carbono y vapor de agua

- **Combustión incompleta.**- La combustión se realiza con menos cantidad de oxígeno necesario haciendo que se generen gases contaminantes como productos.

FIGURA 2.9 COLOR DE LA LLAMA DE UNA COMBUSTIÓN



Fuente: <http://www.lavidacotidiana.es/las-diferentes-temperaturas-en-una-llama/>

Es importante darnos cuenta del color de la llama de la combustión. Si el color de la llama es azul, quiere decir que existe un exceso de oxígeno lo cual conlleva a que la combustión sea completa alcanzando temperatura elevadas y no se emitan gases contaminantes a la atmósfera. Por el contrario, si el color de la llama es amarillo, quiere decir que la combustión es incompleta y tiene defecto de oxígeno, por lo tanto se están emitiendo gases contaminantes al ambiente.

Es importante tener en cuenta lo que se conoce como el triángulo de fuego compuesta por el comburente (oxígeno), combustible (en nuestro caso sería la biomasa), y el calor que será la chispa que inicie la combustión. Si se elimina uno de estos elementos de la fórmula, la combustión se extingue. En nuestro caso, la manera más sencilla de extinguir la combustión en la unidad gasificadora TLUD es eliminando la entrada de oxígeno al reactor, rompiendo el triángulo de fuego.

FIGURA 2.10 REPRESENTACIÓN DEL TRIÁNGULO DE FUEGO

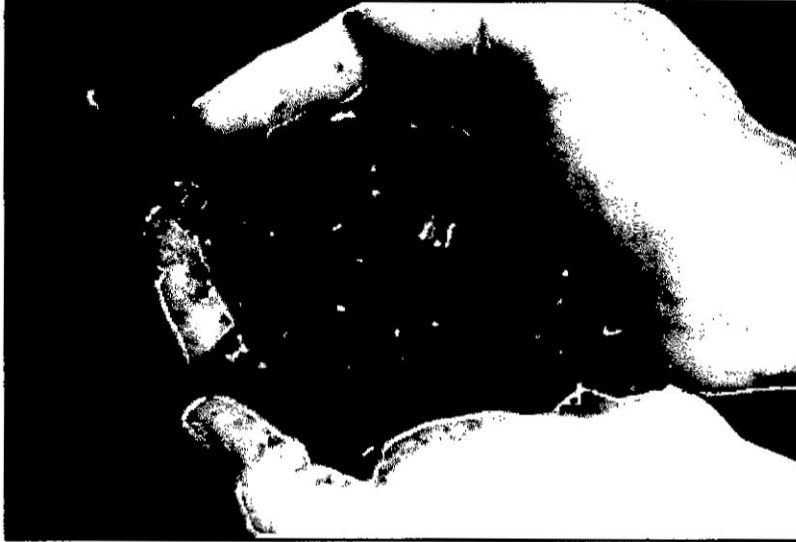


Fuente: <http://extintoressecom.mx/blog-secom/tag/triangulo-del-fuego/>

2.2.6 Carbón vegetal

El carbón vegetal es una forma amorfa del carbón que viene a ser un producto de la pirólisis de la madera. Tiene un peso aproximado del 25% de la biomasa original y está compuesta por un 95% de carbón y 3% de cenizas (Brady, Clauser, & Vaccari, 2002).

FIGURA 2.11 CARBÓN VEGETAL



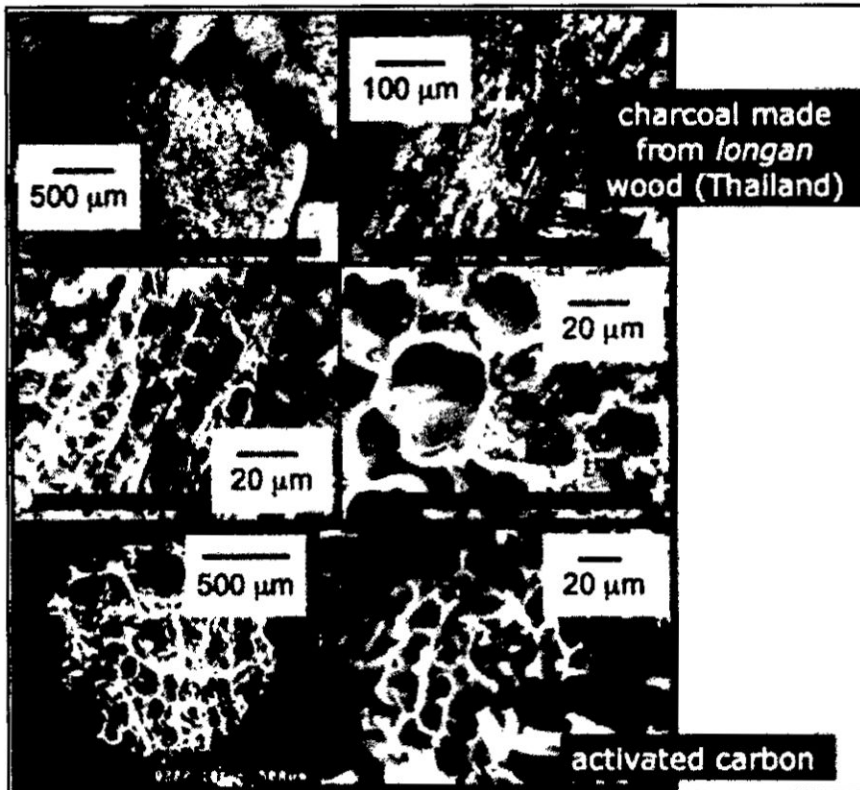
Fuente: <http://www.enbuenasmanos.com/propiedades-del-carbon-vegetal>

El carbón vegetal tiene aplicación en la siderurgia. En Brasil, el carbón vegetal es el responsable de la producción de un 30% del arrabio, la aleación metálica que origina el acero utilizado en vehículos, maquinarias, buques, trenes y cables, entre otros productos. Según el investigador José Dilcio Rocha, el carbón vegetal presenta un sesgo ambiental para la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte del sector siderúrgico. Es por ello que el carbón vegetal también es conocido como el “acero verde” (de Oliveira, 2011). Por otro lado, también puede ser utilizado como combustible sólido. Las familias que tienen la costumbre de preparar parrillas los fines de semana usan carbón vegetal para cocinar sus alimentos.

También, gracias a sus microporosidades en el orden de 10^{-6}m , es posible utilizar el carbón vegetal como un elemento de filtración del agua. En el año 400A.C., Hipócrates recomendaba filtrar el agua con carbón vegetal para eliminar

malos olores y sabores y prevenir enfermedades (Ramirez Guerra, 2009). El carbón vegetal tiene tantas microporosidades que tiene aproximadamente 500 metros cuadrados de área superficial por gramo (m^2/g). Esta microporosidad puede aumentar luego de un proceso llamado activación, donde se suele utilizar gas, vapor o químicos. Mediante este proceso se puede llegar a obtener hasta 1500 m^2/g (Emrich, 1985).

FIGURA 2.12 POROSIDADES DEL CARBÓN VEGETAL



Fuente: Sustainable Decentralized Water Treatment (Kearns, 2012)

2.2.7 Flujo de aire

Es importante analizar el flujo de aire que entrará al reactor y servirá para alimentar el proceso de combustión dentro del reactor. El aire es una mezcla

homogénea de los diferentes gases que componen a la atmósfera de la Tierra. La tabla 2.2 muestra los diferentes elementos que componen al aire en partes por millón (ppm); sin embargo, por simplicidad de cálculos solo se considera la presencia volumétrica de oxígeno (21%) y nitrógeno (79%)

TABLA 2.4 CONCENTRACIÓN EN PPM DE LOS COMPONENTES DEL AIRE

| COMPONENTE | CONCENTRACIÓN (ppm) |
|-----------------------------|----------------------------|
| Nitrógeno | 780800 |
| Oxígeno | 209500 |
| Argón | 9300 |
| Dióxido de carbono | 315 |
| Neón | 18 |
| Helio | 5.2 |
| Metano | 1 |
| Kriptón | 1 |
| Óxido de nitrógeno | 0.5 |
| Hidrógeno | 0.5 |
| Xenón | 0.08 |
| Dióxido de nitrógeno | 0.02 |
| Ozono | 0.01 |

Fuente: Standard Handbook of Enviromental Engineering (Corbitt, 1999)

Bajo condiciones estándar, el aire a 20°C tiene una densidad aproximada de 1.2Kg/m³. Este valor es utilizado con frecuencia como una referencia para la selección de ventiladores.

Un número adimensional que caracteriza bien al flujo de fluidos es el Número de Reynolds (Re) y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad \text{ECUACIÓN 2.1}$$

Donde: Re: Número de Reynolds

ρ : Densidad del fluido (Kg/m³)

V: Velocidad del fluido (m/s)

D: Diámetro de la geometría (m)

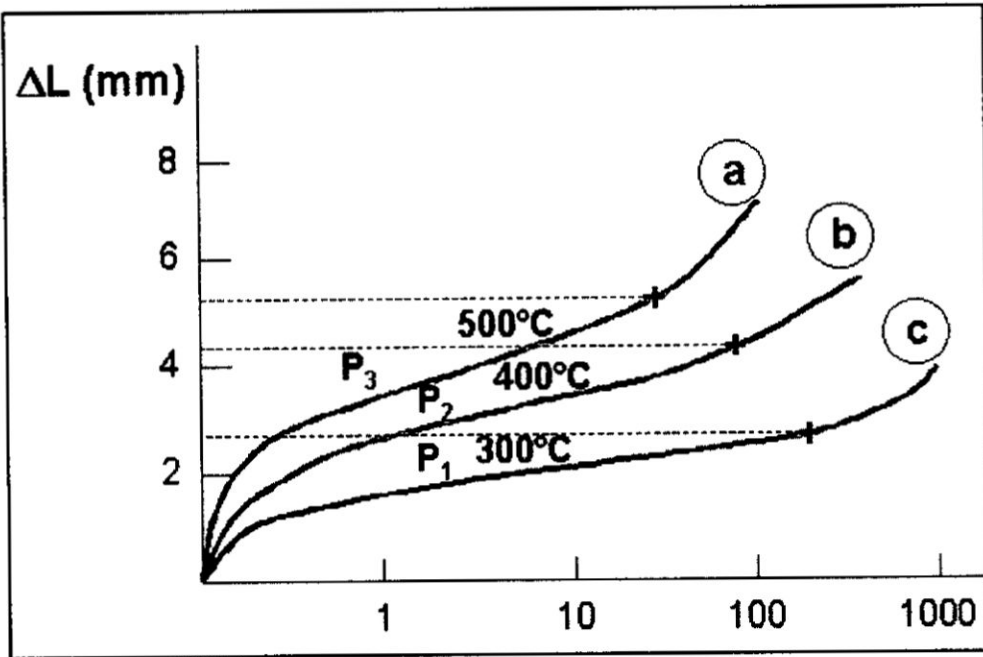
μ : Viscosidad del fluido (Kg/m.s)

Donde para $Re < 2300$ entonces se considera como flujo laminar y cuando $Re > 4000$ entonces se considera como flujo turbulento, lo cual es lo deseable ya que un flujo turbulento promueve que el oxígeno (O₂) y el combustible interactúen entre sí y creen pequeños triángulos de fuego donde los gases combustibles y productos de combustión incompleta puedan quemarse (Sweeney, 2017)

2.2.8 Esfuerzos térmicos

Las propiedades que son las más alteradas con el aumento de la temperatura son la ductibilidad, propiedad que permite que los metales puedan pasar al rango plástico sin deformarse, y la resistencia mecánica, que es la capacidad de los metales para resistir los esfuerzos sin romperse. Ambas propiedades son dependientes a los cambios de temperatura.

FIGURA 2.13 GRÁFICA DE ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL ACERO A DIFERENTES TEMPERATURAS



Fuente: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm02/fcm2_3.html

Al someter una pieza metálica a un cambio de temperatura, aparece una dilatación que se calcula con la ecuación 2.2 y que es directamente proporcional al cambio de temperatura como se puede ver a continuación.

$$\delta_T = \alpha * L * \Delta T \quad \text{ECUACIÓN 2.2}$$

- Tiro natural.- este término se refiere a que la entrada de aire primario no necesita de un ventilador o cualquier otro tipo de dispositivo fuerce su entrada al reactor.
- Agricultura Urbana.- es la práctica de la agricultura en zona muy cercanas a las ciudades. Su principal objetivo es la de abastecer de alimentos al mercado local.
- PIC.- Productos de combustión incompleta (por sus siglas en inglés)

CAPÍTULO III
VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de la investigación

3.1.1 Variable independiente (VI)

- Unidad gasificadora Top Lit up Draft de 200L

3.1.2 Variable dependiente (VD)

- Carbón vegetal para la filtración del agua de riego

3.2 Operacionalización de variables

| VARIABLES DE INVESTIGACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES |
|-----------------------------------|--|---|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | ➤ Madera a utilizar como materia prima | ➤ Abundancia ➤ Distancia |
| | ➤ Configuración de entrada de aire | ➤ Flujo de ingreso (m ³ /h) |
| | ➤ Material de fabricación | ➤ Resistencia a la temperatura ➤ Costo |
| VARIABLE DEPENDIENTE | ➤ Cantidad generada | ➤ Kilogramos |

3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas

3.3.1 Hipótesis general

- Si se diseña una unidad gasificadora TLUD de 200 litros, entonces se podrá generar carbón vegetal que será utilizada como elemento de filtración del agua para mejorar la calidad de las hortalizas en el subsector de riego de Carapongo.

3.3.2: Hipótesis específicas

- Si la selección de la madera que será utilizada como materia prima se realiza en base a la abundancia, fácil recolección y costos, entonces se podrá obtener carbón vegetal en el subsector de riego de Carapongo
- Si se configura el flujo de aire de acuerdo a la cantidad de oxígeno y velocidad de entrada, entonces se podrá alimentar y mantener la combustión dentro del reactor de la unidad gasificadora TLUD.
- Si se determina las características de los materiales de fabricación mediante la comparación de sus propiedades mecánicas en relación a los cambios de temperatura, entonces la estructura podrá soportar los esfuerzos térmicos dentro del reactor de la unidad gasificadora TLUD

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

El presente trabajo es una investigación tecnológica porque se usará el conocimiento tecnológico para poder solucionar el problema del uso de agua contaminada para el riego de hortalizas. Y es del nivel aplicativo porque se utilizarán los conocimientos y resultados de diferentes autores que han realizado trabajos similares en diferentes partes de mundo.

4.2 Diseño de la investigación

El primer paso para el diseño de la unidad gasificadora TLUD es saber qué tipo de madera utilizar para usarlo como materia prima. Es a partir de ella que se obtendrá el carbón vegetal. A pesar de que se puede usar cualquier tipo de madera, se recomienda usar un mismo tipo en cada operación es por ello que es importante determinar el tipo de madera más abundante y fácil de recolectar. Para ello se realizará una encuesta a las familias agricultoras y un estudio de la zona.

Luego, es importante obtener una combustión completa para poder llegar a las temperaturas óptimas para la formación del carbón vegetal. Esto se controla con el flujo de aire que ingresa al reactor. A mayor flujo de aire, mayor cantidad de oxígeno para la combustión. Sin embargo, este flujo debe controlarse para evitar que la madera se queme por completo. Es por ello que se necesitará de un sistema de rejilla que se controla manualmente para dejar pasar solo la cantidad

necesaria de oxígeno. Se evaluará si es necesario el uso de un ventilador en caso que el tiro natural no sea suficiente.

También es importante asegurarse de que la estructura soporte los esfuerzos térmicos generados por la alta temperatura. Es por ello que se requiere analizar las propiedades mecánicas de acuerdo a los catálogos de los fabricantes. Por otro lado, se debe cuidar que los materiales no sean excesivamente caros porque si no, no sería un diseño económicamente viable. Será necesario colocar asas a los lados del reactor o cualquier otra configuración, para que se pueda facilitar su traslado y manipulación, así como también una chimenea para dirigir los gases calientes de la combustión.

4.2.1 Determinación de la materia prima a usar como biomasa

El subsector de riego de Carapongo es uno de las principales aportantes de productos alimenticios para el mercado limeño. Y como tal, también posee una flora variada gracias al esfuerzo de cientos de familias agricultoras. Los principales productos del subsector de riego de Carapongo son las hortalizas. Entre los principales productos que se cosechan encontramos al apio, la col, el perejil, la lechuga, el rabanito, el nabo y la betarraga. Aproximadamente el 62% del área de Carapongo está ocupado por parcelas que son aprovechadas para el cultivo de estas hortalizas (Villaverde Calderón & Enciso Condorcuya, 2012). Estas hortalizas no son una fuente de madera debido a que crecen debajo de la tierra; por lo tanto, solo cuentan con raíces por donde absorben todos los nutrientes necesarios para su crecimiento.

FIGURA 4.1 VISTA AÉREA DEL SUBSECTOR DE RIEGO DE CARAPONGO



Fuente: Google maps, 2018

En un recorrido a pie realizado en simultáneo con la encuesta, se encontró que existen varios tipos de árboles, las cuales se encuentran ubicadas principalmente alrededor de las parcelas que delimitan el perímetro del terreno. Los principales tipos de árboles que se pueden encontrar en Carapongo son del tipo frutales, como por ejemplo: el chirimoyo, la vid, la palta, el mango y el higo (ver anexo 3).

Lamentablemente, no existe un bosque en Carapongo. Dependiendo de qué tan grande es la parcela se pueden encontrar mayor volumen de árboles. Las parcelas pequeñas apenas cuentan con un perímetro de árboles. Las parcelas más grandes si las tienen, inclusive tienen un perímetro de ladrillos para mayor seguridad. Sin embargo, estos árboles son muy importantes para la economía de estas familias, ya que de ellos extraen los frutos que los venden en los mercados

locales o para consumo propio, por lo que cortar estos árboles sería un golpe muy fuerte para ellos.

FIGURA 4.2 PARCELA UBICADA AL LADO DE LA CARRETERA CENTRAL



Fuente: Fotografía propia

FIGURA 4.3 PARCELA UBICADA EN LA ZONA AGRÍCOLA CAMPO SOL



Fuente: Fotografía propia

Sin embargo, a pesar que no se puede talar los árboles frutales de Carapongo, ya que afectaría económicamente a las familias agricultoras, se puede podar los árboles. En Lima, se recomienda que la práctica de podar solo se realice durante la época de invierno para que le dé tiempo a los árboles a tener una buena cicatrización de las heridas y estén listas para el rebrote en la primavera (García Montero & Paz Gastañeda, 2008).

La poda es una práctica útil que tiene como fin modificar el tamaño y crecimiento de una planta, regular la cantidad de flores y frutos, mejorar la calidad de los frutos y regular la fructificación cada año (Agricultura Ecológico). Existe una lista de procedimientos y recomendaciones de cómo realizar una poda adecuada y las herramientas que se deben utilizar. Estas técnicas de podas se diferencian para cada tipo de árbol. Si es un manzano, un duraznero o un cerezo, el procedimiento de podar es diferente.

La poda de fructificación es una técnica que tiene por objetivo mejorar el desarrollo de yemas de flor, conservando un equilibrio entre la producción de frutos y de hojas. (Agricultura Ecológico), por tanto, gracias a la poda, no solo es posible obtener la madera que necesitamos para la generación de carbón vegetal, sino también en mejorar la producción de frutos, lo cual también beneficia a las familias. Sin embargo, como se menciona, la técnica de podar varía con respecto al tipo de árbol por lo que las familias agricultoras necesitan de una capacitación especializada, porque aplicar una mala técnica de podar podría dañar al árbol y por ende su producción en frutos.

Sin embargo, la obtención de madera a través de la poda de los árboles dentro de las parcelas es muy poca, ya que solo se puede realizar una vez al año en época de invierno, además la madera que se obtendría sería de un tamaño menor a los que se necesita para obtener un carbón de buena calidad. Por lo tanto, es necesaria la búsqueda de otras fuentes fuera de Carapongo.

En Lima existen una gran variedad de árboles (ver tabla 4.1). Se dividen en 3 grandes grupos: nativos, introducidos y frutales, los cuales están distribuidos en toda la ciudad, en especial en los parques, zoológicos, centros comerciales, a lo largo de avenidas principales y calles concurridas y no tan concurridas. A diferencia de los árboles que se plantan en los perímetros de las parcelas de Carapongo, estos árboles no tienen un fin de producción, sino más bien son decorativos, paisajísticos y porque sobretodo son los que proporcionan el oxígeno necesario para sustentar la vida en el planeta. Este proceso de absorción de dióxido de carbono para convertirlo en oxígeno se llama fotosíntesis y se produce en las hojas de los árboles para elaborar sus alimentos con los cuales puede crecer y desarrollarse. Para ello necesita de luz solar, sales minerales, agua y dióxido de carbono desprendiendo el oxígeno. Además, los árboles son importantes en la ciudad porque también regulan la temperatura del ambiente, aumentándola cuando es invierno y reduciéndolo cuando es verano, también actúan como barreras sonoras antes el ruido de tráfico en las avenidas principales, proporcionan sombra, son el hábitat de muchas especies de aves y proporcionan beneficios estéticos, sociales y psicológicos los ciudadanos. (Borrás)

TABLA 4.1 VARIEDAD DE ÁRBOLES EN LIMA

| Grupo | Nombre | Nombre científico | Familia | Altura (metros) |
|--------------|------------------|-----------------------|---------------|-----------------|
| Nativo | Molle serrano | Schinus molle | Anacardiaceae | 4 - 8 |
| | Huarango | Acacia macracantha | Fabaceae | 4 - 8 |
| | Palo verde | Parkinsonia aculeata | Fabaceae | 2 - 4 |
| | Sauce | Salix humboldtiana | Saucaceae | 6 - 10 |
| | Floripondio | Brugmansia arbórea | Solaneaceae | 2 - 3 |
| Introducidas | Tulipán africano | Spathodea campanulata | Bignoniaceae | 8 - 12 |
| | Ponciana | Delonix regia | Fabaceae | 6 - 8 |
| | Cedro | Cedrela odorata | Meliaceae | 10 - 15 |
| | Ficus | Ficus nitida | Moraceae | 10 - 20 |
| | Eucalipto | Eucalyptus globulus | Myrtaceae | 40 |
| Frutales | Plátano | Musa paradisiaca | Musaceae | 2 - 4 |
| | Papaya | Carica papaya | Caricaceae | 4 - 8 |
| | Palto | Persea americana | Lauraceae | 4 - 8 |
| | Higo | Ficus carica | Moraceae | 2 - 5 |
| | Pacae | Inga feuillei | Fabaceae | 4 - 6 |
| | Olivo | Olea europea | Oleaceae | 4 - 8 |
| | Pecano | Carya illionensis | Juglandaceae | 15 - 20 |
| | Chirimoya | Annona cherimola | Annonaceae | 3 - 5 |

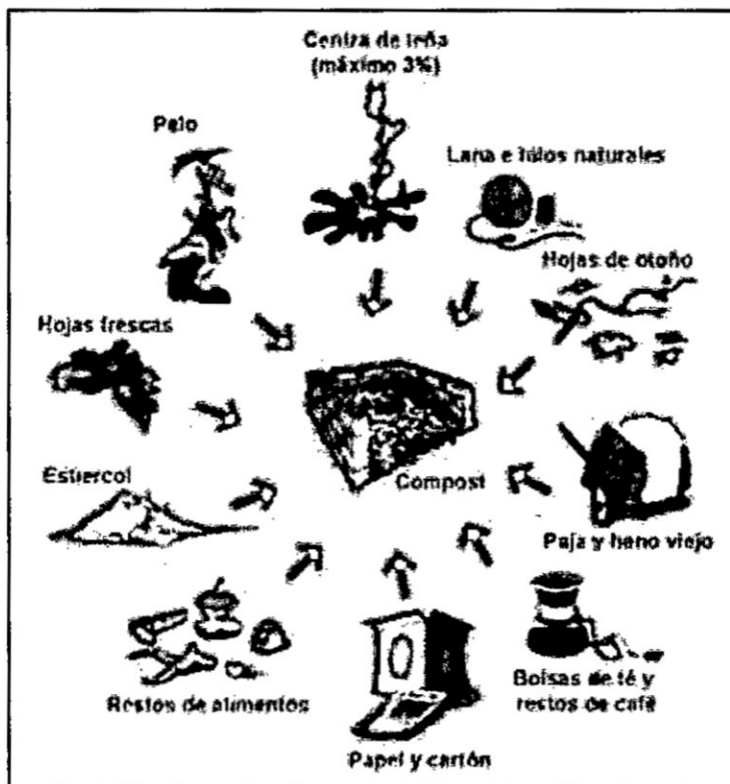
Fuente: https://issuu.com/residente/docs/arboles_de_lima

Las municipalidades de los distritos de Lima tienen la obligación de darle mantenimiento a los parques de su jurisdicción la cual es financiada por los impuestos de los vecinos en el pago de sus arbitrios. De acuerdo al INEI, en el 2010, en Lima existen 26054085 m² de áreas verdes entre plazas, parques, jardines y óvalos y bermas (ver anexo 2). Como se mencionó, los árboles de estos parques cumplen una función decorativa; por lo tanto, las municipalidades tienen la obligación de podar estos árboles para que la ciudad tenga un mejor aspecto. Además, las municipalidades también tienen la obligación de talar los árboles antiguos que corren el riesgo de caerse y causar accidentes a los vecinos o a la infraestructura que se encuentre alrededor.

La municipalidad de La Molina, mediante su programa Ecorecicla (Municipalidad de La Molina, 2011), utiliza la maleza que obtiene de la poda de las áreas verdes, para convertirlo en compost, inclusive utiliza la maleza que generan los vecinos del distrito de manera privada, por instituciones o escuelas privadas. El compost es la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Es utilizado para el enriquecimiento de los suelos de cultivo y sus ventajas principales son 2 (Municipalidad de La Molina, 2011): el compost mejora la tierra al no tener componentes químicos y los productos que salen de las plantas que los usan son saludables y se deja de contaminar al no llevarlos a los rellenos sanitarios. Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50°C y 70°C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto La descomposición puede ser

natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). En el primer caso, tiene una duración aproximada de 4 meses y el segundo de 45 días (Ministerio del Ambiente)

FIGURA 4.4 MATERIALES USADOS PARA LA FORMACIÓN DEL COMPOST

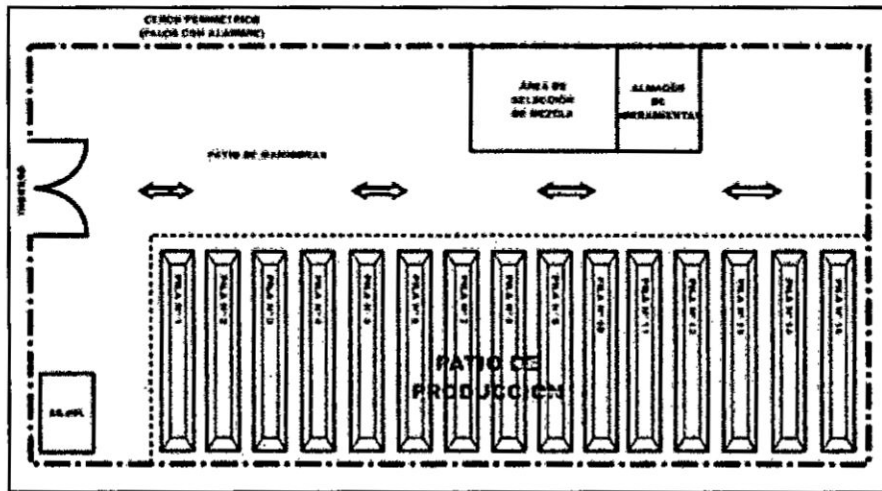


Fuente: Reciclaje y disposición final (Ministerio del Ambiente)

El procedimiento que utiliza la municipalidad de La Molina para generación del compost comienza con la generación de la maleza que posteriormente se recolecta en los centro de acopio de la municipalidad. Un porcentaje de esta maleza es transportado a la planta municipal donde se selecciona la maleza a utilizar y pasan a través de una trituradora. Posteriormente, el producto triturado se mezcla con guano y agua. La mezcla se deposita en filas

de producción y después de 4 meses se obtiene el compost la cual está lista para su uso en los parques del municipio. También, un porcentaje se obsequia a los vecinos en bolsas de yute para el uso de sus propios jardines.

FIGURA 4.5 DISPOSICIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE COMPOST



Fuente: Reciclaje y disposición final (Ministerio del Ambiente)

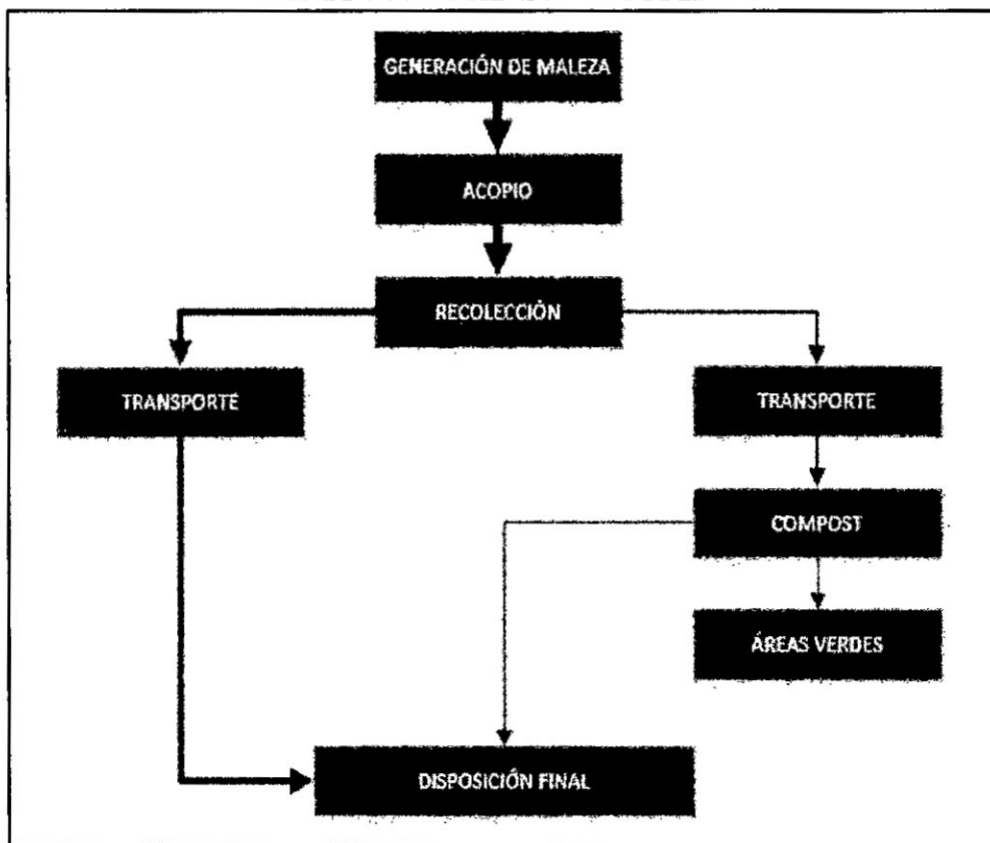
FIGURA 4.6 TRITURACIÓN DE LA MALEZA



Fuente: Ecorecicla (Municipalidad de La Molina, 2011)

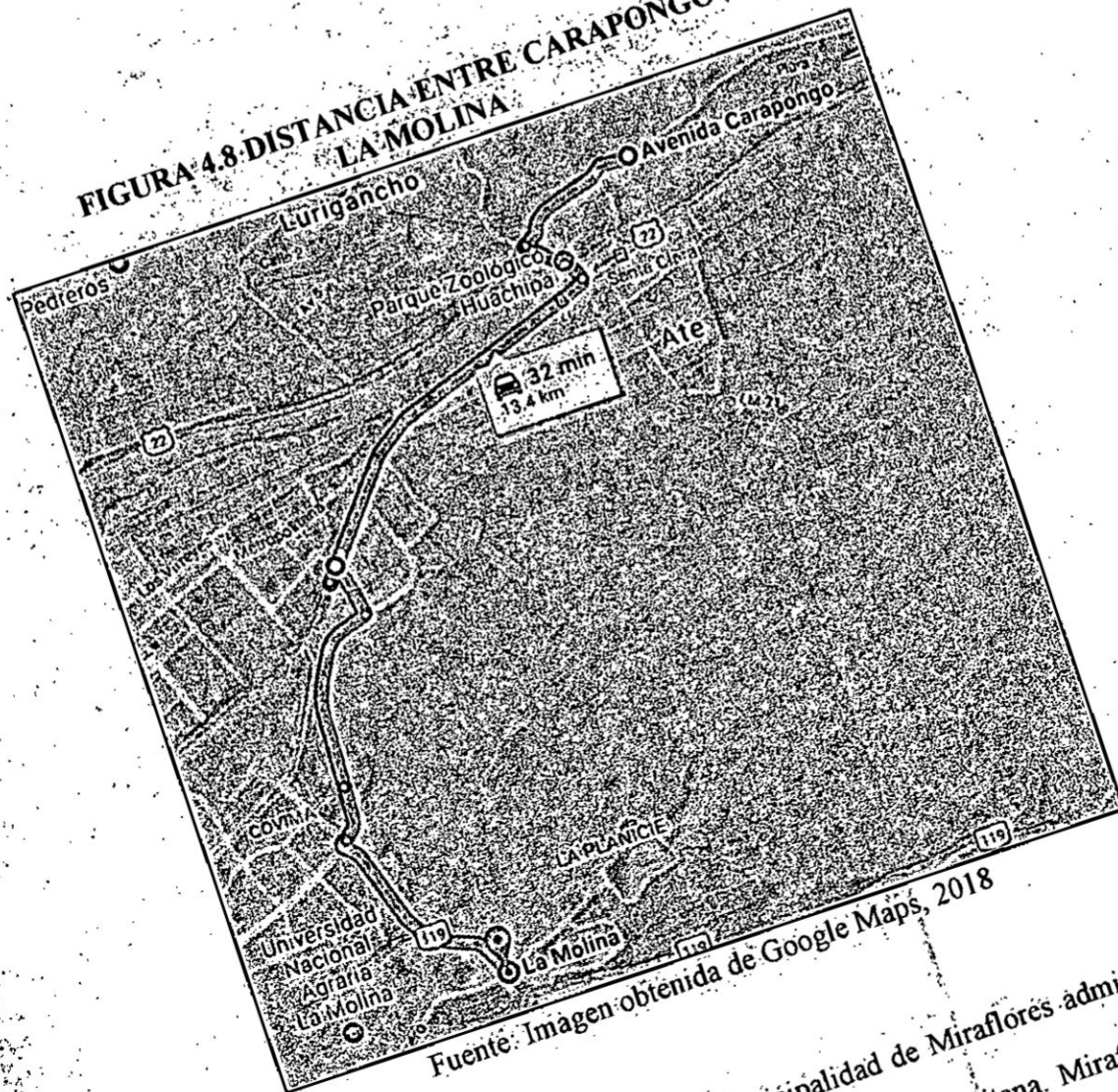
De esta manera de la municipalidad de La Molina ha dejado de enviar 840 Ton de maleza a disposición final, generando 502 Ton de compost (Municipalidad de La Molina, 2011), esto quiere decir que sólo la municipalidad de La Molina genera más de 42 Ton de madera útil para nuestro propósito por mes (Municipalidad de La Molina, 2014). Esta es una gran fuente de recolección de madera para usar como materia prima para la generación de carbón vegetal. Haciendo una consulta en Google Maps, La Molina se encuentra a 13.4km de distancia o 32 minutos en auto de Carapongo.

FIGURA 4.7 FLUJO DE TRATAMIENTO DE LA MALEZA DE LA MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA



Fuente: Ecorecicla (Municipalidad de La Molina, 2011)

FIGURA 4.8-DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y LA MOLINA

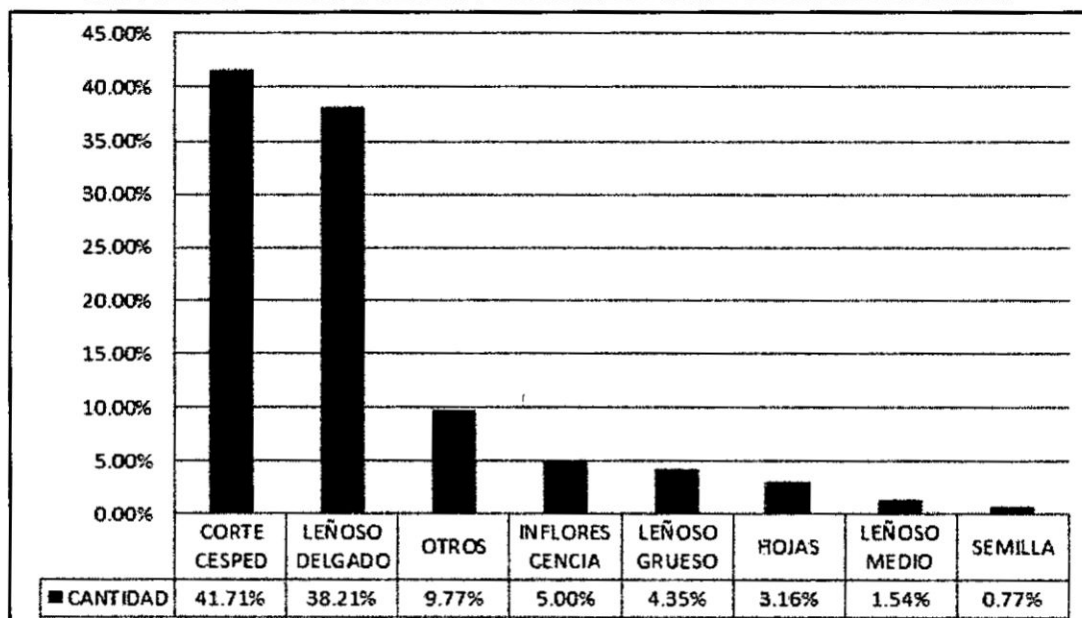


Fuente: Imagen obtenida de Google Maps, 2018

En otro lado de la ciudad, la municipalidad de Miraflores administra uno de los distritos con más áreas verdes de Lima Metropolitana. Miraflores posee 13.76 m²/hab de áreas verdes. El recojo de los residuos orgánicos provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores se realiza diariamente en dos turnos de trabajo y mediante dos vehículos de recolección. El primer vehículo, llamado volante, es un camión recolector que se desplaza por una determinada ruta del sector cuyo mantenimiento ha sido programado y recoge las bolsas de residuos generadas por el personal de mantenimiento. El recojo

promedio diario de este camión está entre tres y cuatro toneladas, siendo su carga útil 6,52 toneladas. El segundo camión, es un camión baranda con un brazo hidráulico y cuya función específica es recoger las bolsas de cuatro puntos de acopio asignados por la Municipalidad en el distrito. El recojo diario de este camión está entre seis y siete toneladas, siendo su carga útil 6,5 toneladas y excediendo su capacidad (Cabrera Córdova & Rossi Luna, 2016). Del total de maleza recolectada en una jornada de trabajo se estima que los porcentajes de tipo de maleza son los siguientes: Leñoso grueso (4.35%), Leñoso medio (1.54%), Corte de césped (41.71%), Hojas (3.16%), Leñoso delgado (38.21%), Inflorescencia (0.5%), Semillas (0.77%) y otros (9.77%). La representación gráfica se puede ver en la figura 4.9 (Cabrera Córdova & Rossi Luna, 2016).

FIGURA 4.9 PORCENTAJE MÁXIMO DE LOS TIPOS DE MALEZA RECOLECTADAS POR LA MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES



Fuente: Propuesta para la elaboración de compost (Cabrera Córdova & Rossi Luna, 2016) presentación modificada

La municipalidad de Miraflores recolecta en promedio 3000 toneladas/año de maleza. En tabla 4.2 se puede ver el histórico de los últimos 3 años:

FIGURA 4.10 VEHÍCULOS DE RECOJO DE MALEZA EN MIRAFLORES



Fuente: <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=477923>

De la recolección de maleza que se recoge en Miraflores, el tipo de maleza que nos es útil para la generación de la carbón vegetal es del tipo leñoso grueso y leñoso mediano que representan el 5.89%. De la tabla 4.2 se tiene que la recolección anual de maleza en el distrito de Miraflores es 3000 toneladas. Entonces, se puede obtener 176.7 toneladas anuales de madera útil para nuestro propósito. Tomando que la densidad de la madera es aproximadamente 500 kg/m^3 , entonces la municipalidad de Miraflores recolecta 353.4 metros cúbicos; es decir, con la cantidad de madera recolectada por la municipalidad de Miraflores es posible llenar a tope 70680 cilindros de 200 litros de volumen; por lo cual, el abastecimiento de madera queda satisfecha.

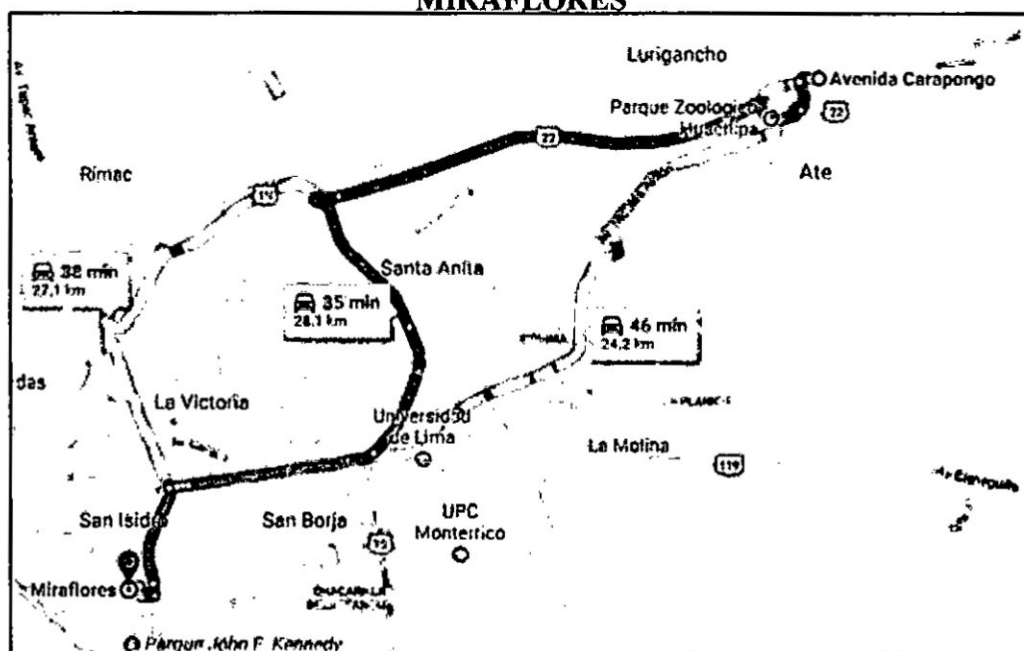
TABLA 4.2 HISTÓRICO DE LA MALEZA RECOLECTADAS POR LA MUNICIPALIDAD DE MIRAFLORES

| | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|------|------|------|
| Recojo de maleza de mantenimiento de áreas verdes públicas y puntos de acopio de maleza (Ton/año) | 2931 | 2837 | 3196 |

Fuente: Propuesta para la elaboración de compost (Cabrera Córdova & Rossi Luna. 2016)

Haciendo una consulta en Google Maps, Miraflores se encuentra a 28.1 km de distancia o 35 minutos en auto de Carapongo.

FIGURA 4.11 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y MIRAFLORES



Fuente: Imagen obtenida de Google Maps, 2018

Ate es un distrito ubicado en el cono este, muy cerca al sur de Carapongo. No es un distrito que destaque por tener una gran cantidad de parques y áreas verdes dentro de su jurisdicción. Ate es un distrito más industrial y donde abunda pequeñas, medianas empresas y ambulantes. Lastimosamente, la mayoría de estos negocios son informales o en procesos de formalización. Su área total es de unos 77720000 m² y las áreas verdes que tiene ocupan 1381772 m² (ver anexo 2). Es decir, apenas 1.8% de sus área total contiene áreas verdes.

La municipalidad de Ate creó en el año 2011 el Programa de Modernización Municipal que tiene que como fin incentivar la mejora en la gestión de los residuos sólidos. Para ello la municipalidad de Ate también ha creado un plan de manejo de residuos sólidos que tiene como actores involucrados a DIGESA, recicladores, vecinos y la propia municipalidad. Este plan es importante ya que se ha determinado que se genera aproximadamente 371.415 toneladas diarias de residuos sólidos domiciliarios, cual si se suma a los residuos sólidos no domiciliarios que suman 111.407 toneladas diarias se tiene un total de 482.822 toneladas diarias de residuos sólidos municipales (Municipalidad de Ate, 2011)

Se ha determinado que la composición de la generación total de residuos sólidos municipales es la siguiente: Residuos no aprovechables (18%), Residuos Reciclables (23%) y Residuos Compostificables (59%). El detalle de estas fracciones se puede ver en la tabla 4.4:

**TABLA 4.3 GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
EN EL DISTRITO DE ATE**

| Fuente de generación | Generación (t/día) |
|--------------------------|--------------------|
| Generación domiciliaría | 371.415 |
| Comercios comunes | 6.745 |
| Farmacias/Boticas | 0.205 |
| Hoteles | 0.514 |
| Restaurantes | 2.734 |
| Mercados | 64.127 |
| Instituciones educativas | 11.529 |
| Centros de salud | 0.327 |
| Instituciones públicas | 0.271 |
| Industrias | 16.069 |
| Barrido | 8.880 |
| TOTAL | 482.822 |

Fuente: Plan de manejo de residuos sólidos (Municipalidad de Ate, 2011)

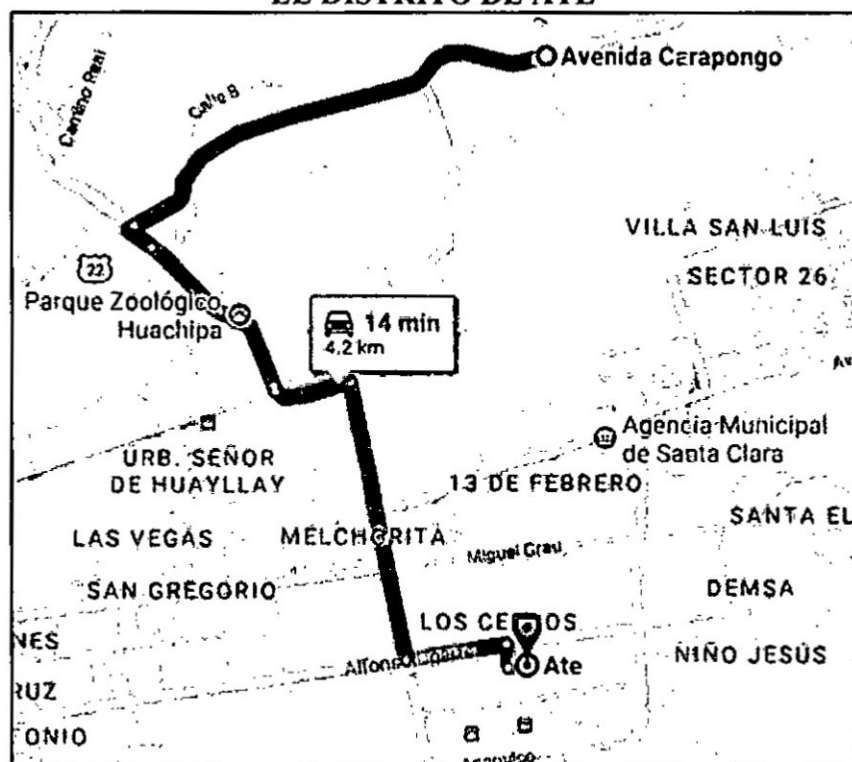
Como se puede ver en la tabla 4.4, del total de residuos sólidos municipales generados en Ate, el 1.01% corresponde a maleza, poda y madera. Es decir, diariamente se generan 4.87 toneladas de madera, poda y maleza, lo que equivale a 1779.9 toneladas por año. No se ha realizado un estudio más detallado de que porcentaje del conjunto madera, poda y maleza se refiere efectivamente a la madera que se necesita para la generación de carbón vegetal. Si se toma el mismo porcentaje que utiliza la municipalidad de Miraflores, se determina que el

porcentaje de madera recolectada anualmente por la municipalidad de Ate es de 104.83 toneladas aproximadamente.

La cantidad de madera generada por la municipalidad de Ate equivale en volumen a 209.66 m^3 . Es decir, con esta cantidad de madera se puede llenar 1048 cilindros de 200 litros para la generación de carbón vegetal.

Como se mencionó antes, el distrito de Ate se encuentra al sur de Carapongo a una distancia de 4.2 km, lo cual equivale a 14 minutos en auto, según el GPS de google maps.

FIGURA 4.12 GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE ATE



Fuente: Imagen obtenida de Google Maps, 2018

**TABLA 4.4 COMPOSICIÓN DETALLADA DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS EN ATE**

| TIPO DE RESIDUO SÓLIDO | COMPOSICIÓN PONDERADA |
|--|--------------------------|
| 1. Residuos aprovechables (1.1+1.2) | 81.62% |
| 1.1. Residuos Compostificables | 58.41% |
| Residuos de alimentos (restos de comida, frutas) | 57.40% |
| Maleza, poda, madera | 1.01% |
| 1.2 Residuos reciclables | 23.21% |
| Papel | 4.88% |
| Cartón | 3.45% |
| Vidrio | 2.8% |
| Plástico | 5.54% |
| Tetra pack | 0.28% |
| Metales | 1.99% |
| Residuos electrónicos | 0.16% |
| Otros reaprovechables | 18.38% |
| 2. Residuos no aprovechables | 18.38% |
| PESO TOTAL DEL ESTRATO | 100.00% |

Fuente: Plan de manejo de residuos sólidos (Municipalidad de Ate, 2011)

San Juan de Lurigancho es un distrito vecino a Carapongo por el Este. Es muy conocido por su ser el distrito con mayor población en Lima. Según el INEI (INEI, 2015), en el 2015, San Juan de Lurigancho contaba con una población de

1091303 ciudadanos, que es aproximadamente al 12% de la población de Lima Metropolitana. Sabiendo esto, se entiende la importancia del plan de manejo de residuos sólidos.

En el distrito de San Juan de Lurigancho se generan 935.91 toneladas diarias entre residuos domiciliarios, no domiciliarios y del servicio de barrido (Municipalidad de SJL, 2016).

TABLA 4.5 CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS DIARIAMENTE EN SAN JUAN DE LURIGANCHO

| RESIDUOS | CANTIDAD (Ton/día) | PORCENTAJE |
|-------------------------|--------------------|------------|
| DOMICILIARIOS | 615.43 | 33.70% |
| NO DOMICILIARIOS | 314.08 | 66.10% |
| DEL SERVICIO DE BARRIDO | 6.4 | 0.20% |
| TOTAL | 935.91 | 100% |

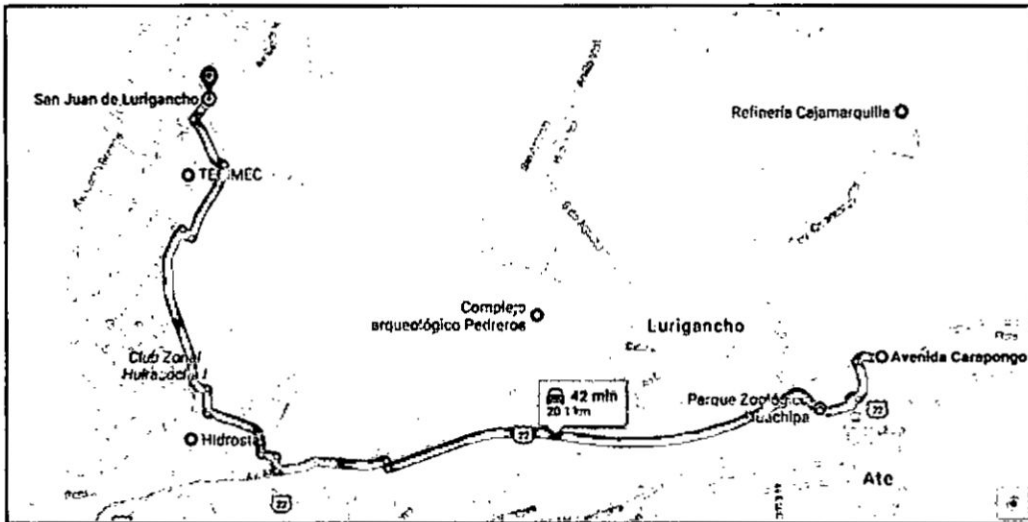
Fuente: Plan de manejo de RRSS (Municipalidad de SJL, 2016)

De acuerdo a su Plan de Manejo de Residuos Sólidos (Municipalidad de SJL, 2016) del total de residuos sólidos que se genera en San Juan de Lurigancho, el 0.93% se cataloga como Madera, follaje. Al igual que con el distrito de Ate, no se tiene un mayor detalle de que porcentaje de dicha madera y follaje corresponde efectivamente a la madera que será verdaderamente útil para la generación de carbón vegetal, pero si se toma el mismo porcentaje determinado por la municipalidad de Miraflores, se puede determinar que el distrito de San Juan de Lurigancho genera aproximadamente 0.513 toneladas diarias que equivalen a 184.56 toneladas anuales. Dicha cantidad de madera equivale en volumen a

369.12 m³; es decir, es cantidad de madera suficiente para utilizar en 1845 reactores llenos de 200 litros.

Como se mencionó, el distrito de San Juan de Lurigancho queda ubicado al Este de Carapongo y se puede llegar de manera rápida por la autopista Ramiro Prialé. De acuerdo a Google Maps, La distancia entre Carapongo y San Juan de Lurigancho es de 20.1 km lo cual equivale a un viaje de 42 min en auto. Este viaje tiene la desventaja de que existe un peaje que cobra S/5.30 para poder ingresar a la vía Evitamiento.

FIGURA 4.13 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y SAN JUAN DE LURIGANCHO



Fuente: Imagen obtenida de Google Maps, 2018

El distrito de Santa Anita no es un distrito vecino pero si es un distrito cercano a Carapongo. De acuerdo al anexo 2, a lo largo de todo el distrito se tiene 427532 m² de áreas verdes, de las cuales 278532 m² corresponden a parques. Entre sus parques más importantes del distrito están el parque lo Ficus, el parque Lampa de Oro y el Parque san Martín de Porras. En el distrito de Santa Anita se

generan 168 Ton de residuos sólidos entre residuos Domiciliarios, mercados y comercio y barrido de calles (Municipalidad de Santa Anita, 2015)

TABLA 4.6 COMPOSICIÓN DETALLADA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN SAN JUAN DE LURIGANCHO

| MATERIALES | % |
|---------------------|--------|
| Materia Orgánica | 64.41% |
| Madera, follaje | 0.93% |
| Papel | 2.88% |
| Cartón | 2.35% |
| Vidrio | 2.11% |
| Plástico PET | 1.12% |
| Plástico duro | 2.68% |
| Bolsa | 4.83% |
| Tetrapack | 0.32% |
| Tecnopor | 0.63% |
| Metal | 1.48% |
| Tela, textiles | 2.48% |
| Caucho, cuero, jebe | 0.57% |
| Pilas | 0.01% |
| Restos de medicina | 0.04% |
| Residuo sanitarios | 8.44% |
| Residuos inertes | 4.54% |
| Otros | 0.18 |

Fuente: Plan de manejo de RRSS (Municipalidad de SJL, 2016)

**TABLA 4.7 CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS
DIARIAMENTE EN SANTA ANITA**

| Generación por sector | Generación (Tn/día) |
|-----------------------|---------------------|
| Domiciliario | 152 |
| Mercados y Comercio | 10 |
| Barrido de calles | 6 |
| Total | 168 |

Fuente: Plan de manejo de RRSS (Municipalidad de Santa Anita, 2015)

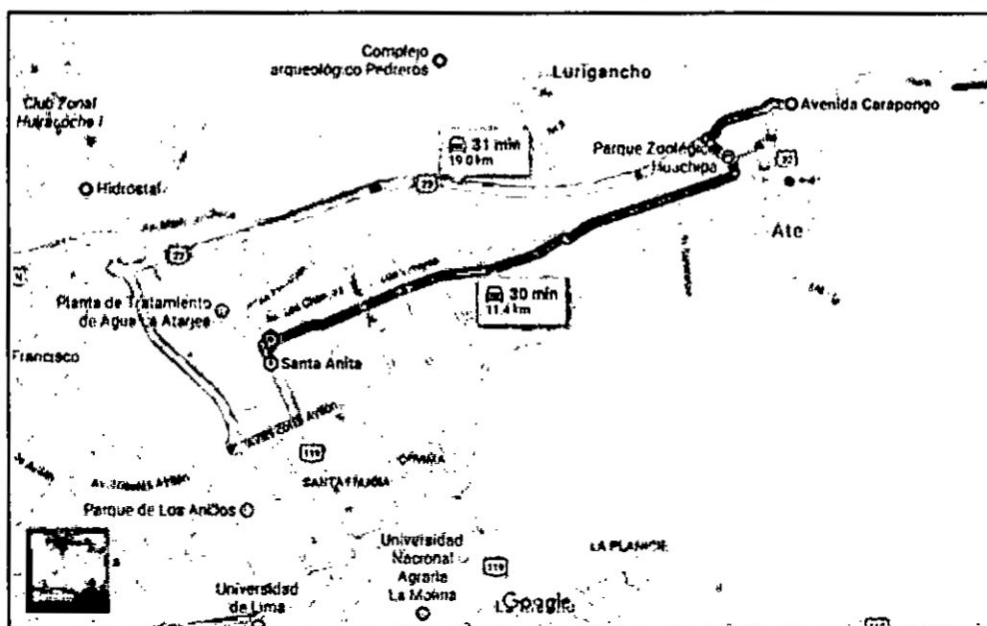
De acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos del distrito de Santa Anita (Municipalidad de Santa Anita, 2015), el porcentaje de madera y follaje recolectado corresponde al 0.547% en masa. En este caso, tampoco se ha realizado un análisis exhaustivo para determinar qué porcentaje de dicha madera y follaje corresponde específicamente a la madera mediana y grande que es la que se necesita como materia prima para la generación de carbón vegetal. Pero si usamos la misma estimación que la municipalidad de Miraflores usa, podemos determinar que la cantidad de madera que genera la municipalidad de Santa Anita es 19.49 toneladas anuales.

La cantidad de 19.49 toneladas anuales equivale en volumen a 38.97 m³ de madera. Esta cantidad puede ser usada en 194.85 reactores de 200 litros.

Santa Anita no es un distrito vecino a Carapongo, sin embargo, se puede llegar rápidamente tomando la avenida Nicolás Ayllón y continuando por la avenida Metropolitana. Se hizo una consulta a la página web Google Maps y se

determinó que la distancia entre Carapongo y Santa Anita es de 11.4 km, la cual se puede recorrer en 30 minutos en auto.

FIGURA 4.14 DISTANCIA ENTRE CARAPONGO Y SANTA ANITA



Fuente: Imagen obtenida de Google Maps, 2018

4.2.2 Configuración de las entradas de flujo de aire

El componente que hace que esta unidad gasificadora mantenga su funcionamiento mientras convierte la biomasa en carbón vegetal es la configuración de la entrada y salida del flujo primario y secundario de aire. El aire aporta oxígeno a la fórmula y mantiene la combustión dentro del reactor. La unidad gasificadora Top Lit Up Draft (TLUD) cuenta con una entrada de flujo primario que tiene como propósito arrastrar el gas sintético que se desprende de la biomasa por someterlo a altas temperaturas hacia la parte superior del reactor donde dicho gas sintético se combinará con el aire secundario para finalmente salir por la chimenea.

TABLA 4.8 COMPOSICIÓN DETALLADA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN SANTA ANITA

| Residuos sólidos | Comercial | Domiciliario | Promedio total |
|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|
| Materia Orgánica | 29.839 | 51.279 | 40.559 |
| Madera, Follaje | 0.856 | 0.238 | 0.547 |
| Papel | 11.986 | 7.062 | 7.182 |
| Cartón | 12.424 | 1.940 | 7.182 |
| Vidrio | 13.197 | 3.155 | 8.176 |
| Plástico PET | 3.278 | 1.927 | 2.603 |
| Plástico Duro | 3.341 | 2.798 | 3.070 |
| Bolsas | 12.362 | 13.872 | 13.117 |
| Tetra pack | 1.190 | 0.673 | 0.932 |
| Tecnopor y Similares | 0.626 | 0.515 | 0.571 |
| Metales | 1.503 | 2.277 | 1.890 |
| Telas, Textiles | 3.404 | 3.603 | 3.504 |
| Caucho, Cuero, Jebe | 0.564 | 1.346 | 0.955 |
| Pilas | 0.334 | 0.127 | 0.230 |
| Restos de Medicina, Focos, etc | 0.647 | 0.251 | 0.449 |
| Residuos de Sanitarios | 3.049 | 8.145 | 5.597 |
| Residuos Inertes | 0.731 | 0.726 | 0.728 |
| Otros | 0.668 | 0.066 | 0.367 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Fuente: Plan de manejo de RRSS (Municipalidad de Santa Anita, 2015)

El flujo secundario tiene como propósito mezclarse con el gas sintético para quemarlo y mantener encendido la combustión. Este flujo secundario entra en contacto con la pared del reactor desde la base hasta la chimenea precalentándose antes de combustionarse. Para determinar la configuración de las entradas de aire, se diseñaron las dimensiones del reactor tomando en cuenta que la capacidad es de 200 litros.

Se determinó que la forma de la sección del reactor será circular y no cuadrada para que se pueda lograr una gasificación uniforme (Belonio, 2005). La altura de reactor se calculó con la siguiente ecuación (Huaripoma Vega, 2015):

$$h = \frac{REG \cdot T_{op}}{\rho_c} \quad \text{ECUACIÓN 4.1}$$

Donde:

- h: Altura del reactor (m)
- REG: Relación específica de gasificación (kg/h.m^2)
- T_{op} : Tiempo de operación (h)
- ρ_c : Densidad de la materia prima

Como se sabe, para calcular el volumen de un cilindro se necesita conocer el diámetro de la base y la altura. El volumen que se requiere es de 200L, por lo tanto, conociendo la altura con la ecuación 4.1 entonces se podrá conocer el área, por lo tanto, también el diámetro, y se tendría determinado las dimensiones completas. La relación específica de gasificación es la razón por la cual la biomasa se gasifica por unidad de la sección de área del gasificador y para la

madera es 75 kg/h-m^2 (Kumararaja, Gopinath Reddy, Venkata Ramanan, & Sethumadhavan, 2010). Reemplazando estos valores en la ecuación 4.1 se tiene lo siguiente:

$$h = \frac{75 \cdot T_{op}}{500}$$

$$h = 0.15 * T_{op} \quad \text{ECUACIÓN 4.2}$$

La ecuación 4.1 se reduce una ecuación lineal 4.2, por tanto, la altura viene condicionada por el tiempo de operación que se le quiere dar, a mayor altura, entonces mayor tiempo de operación. En la tabla 4.9 se puede ver varios valores posibles. También es importante considerar el costo de la construcción, por lo tanto, las dimensiones tienen que ser tal que sea económico en su construcción. Usando la ecuación del volumen de un cilindro se tiene lo siguiente:

$$V = b * h$$

$$0.2 = \frac{\pi}{4} \phi^2 * h$$

$$h = \frac{0.8}{\pi * \phi^2} \quad \text{ECUACIÓN 4.3}$$

Donde “b” es el área de la base, “h” es altura y “ ϕ ” es el diámetro del mismo. Entonces, calculando el área total se tiene lo siguiente:

$$\text{iente:} \quad \text{ECUACIÓN 4.4}$$

$$A_T = A_L + 2 * A_B$$

TABLA 4.9 TABULACIÓN DE VALORES DEL DIÁMETRO CON RESPECTO AL TIEMPO DE OPERACIÓN

| Tiempo de operación (h) | Altura (m) | Área (m ²) | Diámetro (m) |
|-------------------------|------------|------------------------|--------------|
| 2.0 | 0.300 | 0.667 | 0.921 |
| 2.5 | 0.375 | 0.533 | 0.824 |
| 3.0 | 0.450 | 0.444 | 0.752 |
| 3.50 | 0.525 | 0.381 | 0.696 |
| 4.0 | 0.600 | 0.333 | 0.651 |
| 4.5 | 0.675 | 0.296 | 0.614 |
| 5.0 | 0.750 | 0.267 | 0.583 |
| 5.5 | 0.825 | 0.242 | 0.556 |
| 6.0 | 0.900 | 0.222 | 0.532 |
| 6.5 | 0.975 | 0.205 | 0.511 |

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- A_L : Área lateral (m²)
- A_B : Área de la base (m²)

La ecuación 4.4 es una ecuación de dos variables (h, ϕ). Usando la ecuación 4.3 que relaciona ambas variables en la ecuación 4.4 se obtiene lo siguiente:

$$A_T = \pi * \phi * \left(\frac{0.8}{\pi * \phi^2} \right) + 2 * \left(\frac{\pi}{4} * \phi^2 \right)$$

La cual, simplificando queda como sigue:

$$A_T = \frac{0.8}{\phi} + \frac{\pi}{2} * \phi^2 \quad \text{ECUACIÓN 4.5}$$

La ecuación 4.5 es la suma de una ecuación inversa y una ecuación cuadrática y de ellas resulta una curva como la que se representa en la figura 4.15. El eje de abscisas representa al diámetro, por lo tanto, existe un valor mínimo que debe tener el diámetro para que el área total sea mínima. Para calcular el área mínima se debe derivar la ecuación 4.5 con respecto al diámetro e igualarlo a cero. La resolución se ve a continuación:

$$\frac{dA_T}{d\phi} = \frac{-0.8}{\phi^2} + \frac{\pi}{2} * 2\phi$$

Para que el área sea mínima se debe cumplir la condición $dA_T/d\phi = 0$, entonces:

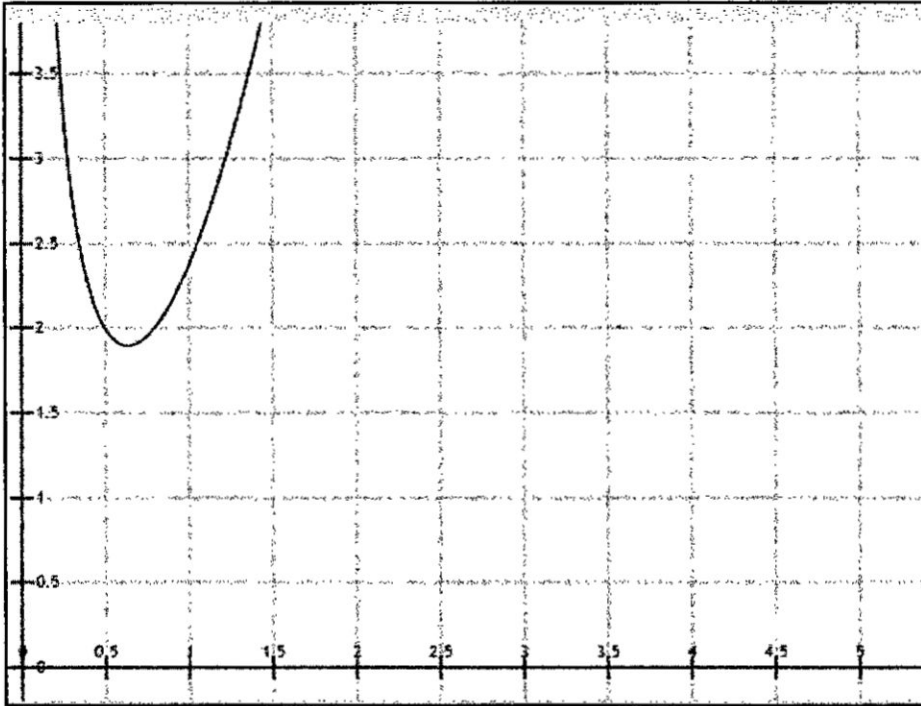
$$\pi * \phi = \frac{0.8}{\phi^2}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{0.8}{\pi}}$$

$$\phi = 0.633$$

Este resultado quiere decir que para que la construcción del reactor sea lo más económico posible, el diámetro del mismo debe ser 0.633 metros.

FIGURA 4.15 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ECUACIÓN 4.5



Fuente: elaboración propia en www.fooplot.com

Reemplazando el valor del diámetro calculado en la ecuación 4.3 se obtiene lo siguiente:

$$h = \frac{0.8}{\pi * (0.633)^2}$$

Entonces,

$$h = 0.636$$

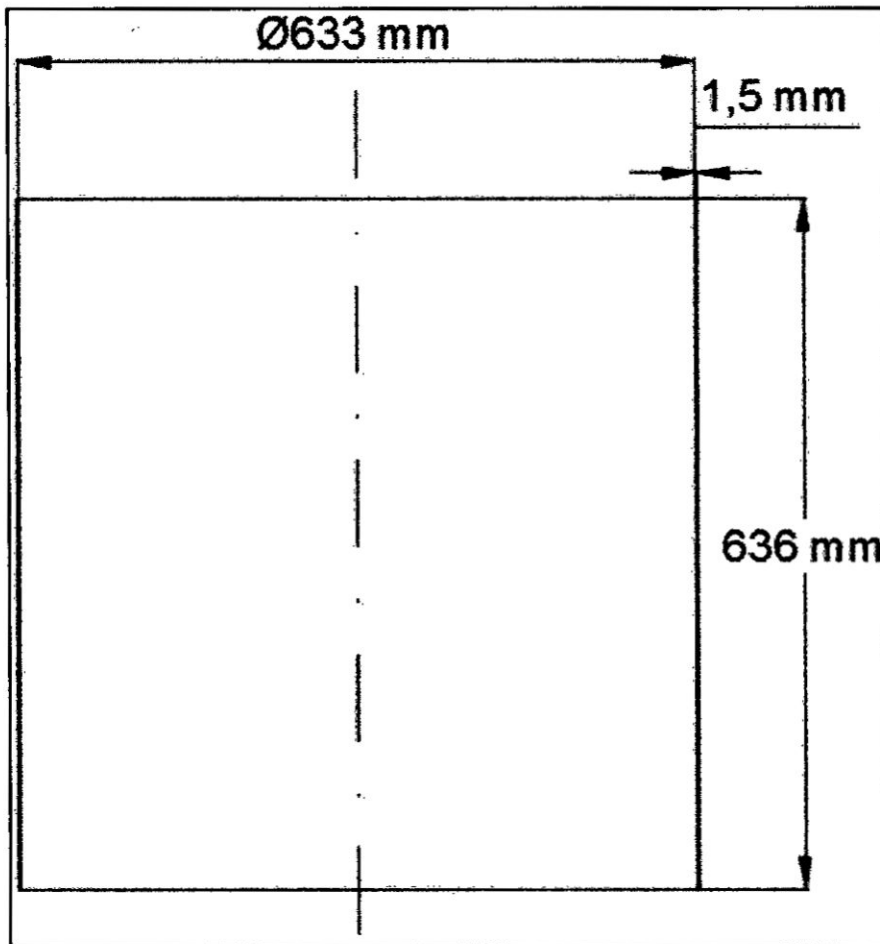
Finalmente se obtuvieron las dimensiones del reactor. El tiempo de operación se calcula reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 4.2:

$$0.636 = 0.15 * T_{op}$$

$$T_{op} = 4.24 \text{ horas}$$

Es decir, el tiempo de operación es aproximadamente 4 horas y media.

FIGURA 4.16 DIMENSIONES DEL REACTOR DE LA UNIDAD GASIFICADORA



Fuente: elaboración propia en AutoCAD 2015

Para determinar el flujo de aire primario se analizó la química de la gasificación de la biomasa. La relación atómica de la biomasa es relativamente constante y es $CH_{1,4}O_{0,6}$ (Reed, 1988). En la tabla 4.10 se puede visualizar la fracción volumétrica de los componentes del syngas. Se asumió que el syngas es

un gas ideal y como tal se cumple que la fracción volumétrica es igual a la fracción molar, por lo tanto, se obtuvo la siguiente fórmula:

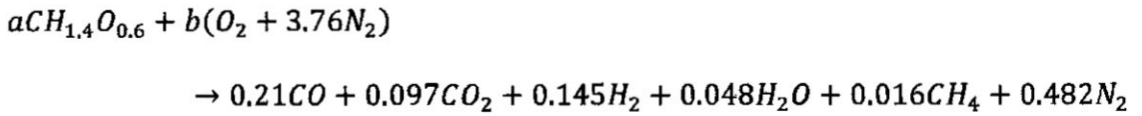


TABLA 4.10 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SYNGAS DE LA BIOMASA

| Componente | Símbolo | Gas (vol %) | Gas seco (vol. %) |
|---------------------|------------------|-------------|-------------------|
| Monóxido de carbono | CO | 21.0 | 22.1 |
| Dióxido de carbono | CO ₂ | 9.7 | 10.2 |
| Hidrógeno | H ₂ | 14.5 | 15.2 |
| Agua (v) | H ₂ O | 4.8 | - |
| Metano | CH ₄ | 1.6 | 1.7 |
| Nitrógeno | N ₂ | 48.4 | 50.8 |

Fuente: Handbook of Biomass Downdraft Gasifier (Reed, 1988)

A continuación se realizó el balanceo de la ecuación estequiométrica

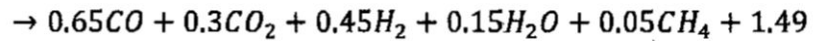
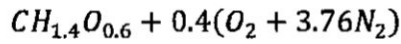
$$C: a = 0.21 + 0.097 + 0.016$$

$$H: a(1.4) = 0.145(2) + 0.048(2) + 0.016$$

$$O: a(0.6) + b(2) = 0.21 + 0.097(2) + 0.048$$

$$N: b(3.76)(2) = 0.484(2)$$

Se obtuvieron los siguientes valores: a=0.323 y b=0.129. Entonces para un mol de combustible se obtuvo la siguiente fórmula:



A continuación se calculó la relación aire combustible con la siguiente fórmula:

$$R_{aire/comb} = \frac{n_a \bar{M}_{aire}}{n_c \bar{M}_{comb}} \quad \text{ECUACIÓN 4.6}$$

Donde:

- n_{aire} : número de moles del aire
- \bar{M}_{aire} : masa molar del aire
- n_{comb} : número de moles de la madera
- \bar{M}_{comb} : masa molar de la madera

Para 1 mol de biomasa se reemplazaron los valores correspondientes en la ecuación 4.6 y se obtuvo lo siguiente:

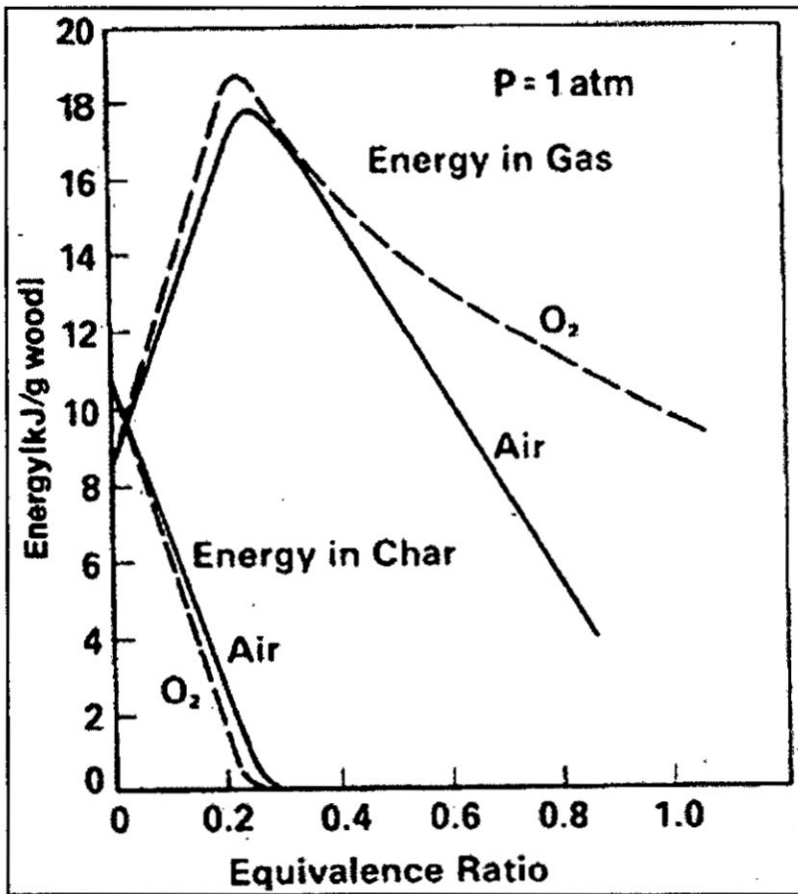
$$R_{aire/combustible} = \frac{0.4(4.76mol)(29 \frac{g}{mol})}{1mol(12 + 1.4 + 0.6 \times 16) \frac{g}{mol}}$$

$$R_{aire/combustible} = 2.4$$

El flujo de madera que se va a combustionar es 100 kg a 4.24 horas aproximadamente, lo que equivale a 23.58 kg/hora. Por lo tanto, el flujo de aire debe ser 56.59 kg/hora que equivale a 47.16 m³/h como flujo volumétrico. Sin embargo, no se quiere que haya una combustión completa dentro del reactor.

Como se puede observar en la figura 4.17, a la relación equivalente de $\phi = 0.25$ todo el carbón se convierte en syngas (Reed, 1988). Por lo tanto, el flujo de aire primario que debe ingresar al reactor es $11.79 \text{ m}^3/\text{h}$.

FIGURA 4.17 ENERGÍA EN LA BIOMASA Y EN EL SYNGAS

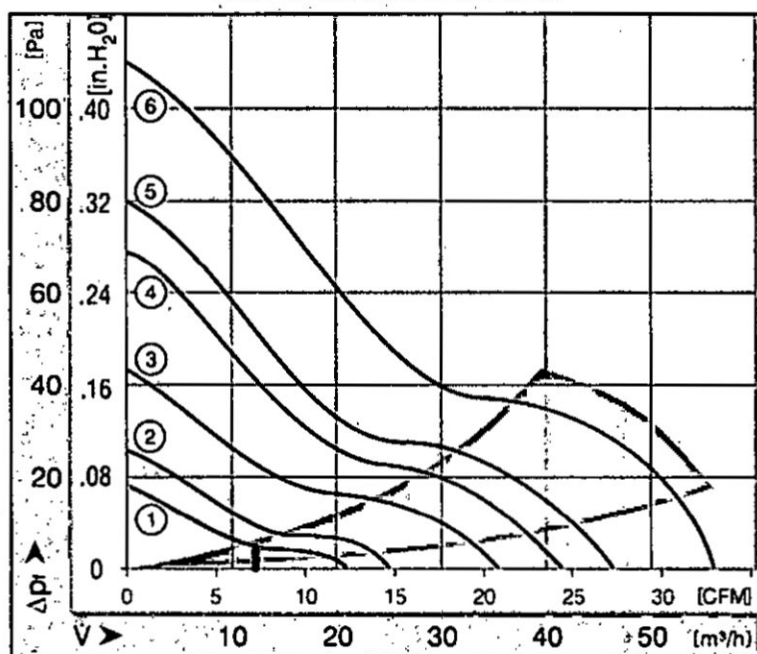


Fuente: Handbook of biomass Downdraft (Reed, 1988)

Habiendo determinado el flujo de aire que debe ingresar al reactor se procedió a seleccionar el ventilador. Habiendo consultado el catálogo de ventiladores de EBM PAPST se seleccionó el equipo 612NGLE de dimensiones $60 \times 60 \times 25 \text{ mm}$. Su curva de operación se puede ver en la imagen 4.18. La intersección del flujo volumétrico y la curva 1 cae dentro de área de operación

óptima. La línea 1 corresponde al modelo 612NGLE (ver anexo 4). Para su instalación se usó un tubo cuadrado de 60x60x1/8" que va conectado a la base del reactor.

**FIGURA 4.18 CURVA DE OPERACIÓN
VENTILADOR 612NGLE**



Fuente: Catalogo EBM PAPST

Usando la ecuación 2.1 se calculó el número de Reynolds. Como la sección no es una sección circular se usará el diámetro equivalente que se calcula como la razón entre cuatro veces el área y el perímetro de la sección.

$$Re = \frac{\rho \dot{V} D_{eq}}{\mu}$$

$$Re = \frac{1.2 \text{ kg/m}^3 \times \frac{11.73 \text{ m}^3}{3600 \text{ s} \times \text{Área}} \times \frac{4 \text{ Área}}{0.240 \text{ m}}}{1.825 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$Re = 1576.8 < 2100$$

Por lo tanto, el flujo primario que ingresa es un flujo laminar, lo cual es lo que se desea para evitar que se formen microtriángulos de fuego

El flujo de aire secundario tiene como fin reaccionar con el syngas producido dentro del reactor. Por lo tanto, no se requirió un cálculo exhaustivo para determinar la relación aire – combustible. En su lugar, simplemente se dejó una abertura en la parte superior del reactor para que el aire del medio ambiente ingrese en exceso y combustione completamente con el syngas.

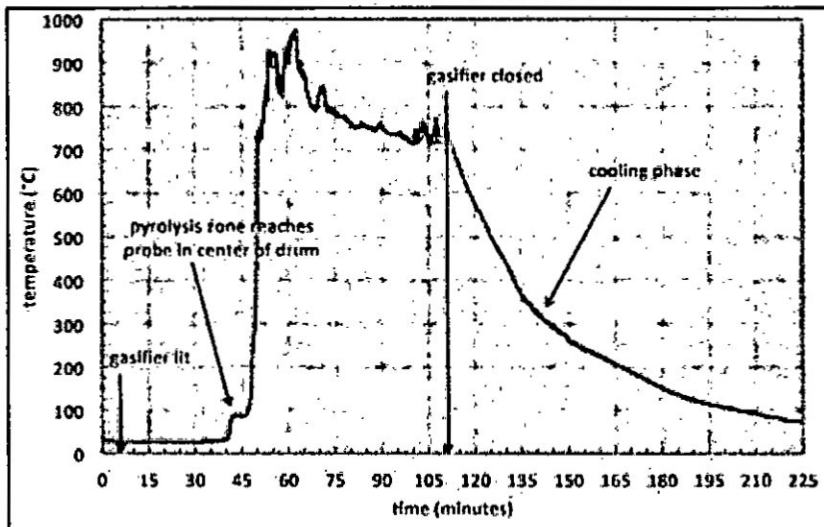
4.2.3 Materiales de construcción

La unidad gasificadora tiene varios componentes y cada una tiene un propósito, por ello, se debe seleccionar el material adecuado para que su construcción sea el más económico posible. El componente más crítico es el reactor donde se lleva a cabo la transformación de la biomasa en carbón vegetal. El reactor trabaja por 4 horas y media aproximadamente a una temperatura de entre 750 a 950 grados Celsius (Aqueous Solutions, 2010). Para soportar las altas temperaturas de la operación se recomienda usar acero. El aluminio está descartado porque no soporta las altas temperaturas (Anderson P. , 2009).

La corrosión también es un factor a considerar. Existen 2 tipos de corrosiones que atacan a los componentes del gasificador: la corrosión externa debido a la humedad del ambiente y la corrosión interna debido al agua contenida en la materia prima. La humedad en Lima durante todo el año oscila entre los 70% y 80% en época de verano y entre los 80% y 90% en épocas de invierno (ver figuras 4.20 y 4.21), a ello hay que adicionar que Carapongo se ubica a las

inmediaciones del río Rímac. Por otro lado, en la parte interna del reactor, algunos de los componentes hechos de acero pueden sufrir de corrosión. La corrosión se puede presentar en zonas donde el agua se condensa o colecta ya que el agua dentro del gasificador suele contener ácidos orgánicos (Reed, 1988). Por ello, es importante que la materia prima esté seca. Se puede aprovechar el sol para extraer la humedad de la madera antes de usarlo.

FIGURA 4.19 PERFIL DE TEMPERATURA DE CARBÓN VEGETAL DEL EUCALIPTO

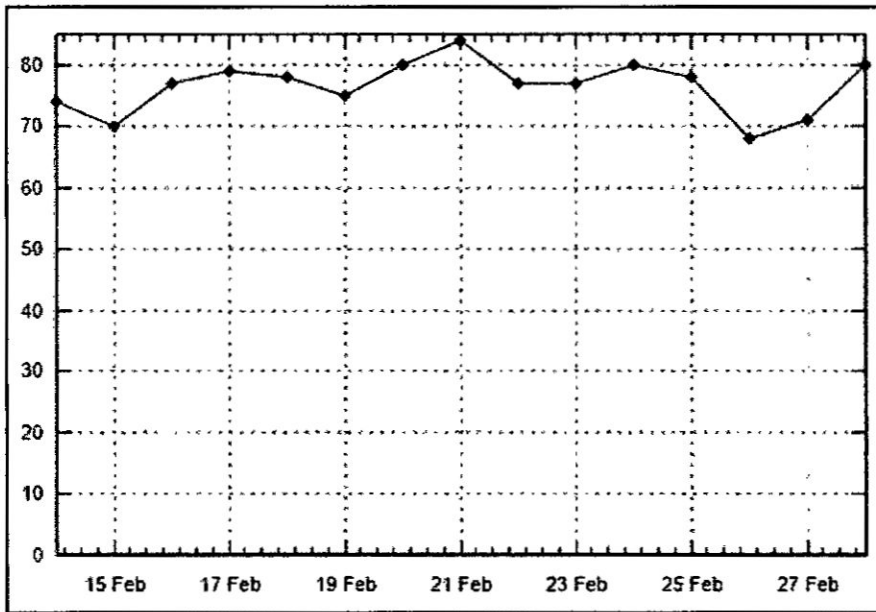


Fuente: <https://vimeo.com/38501679>

El uso de material refractario no fue utilizado en la construcción del reactor porque no es importante conservar el calor adentro. En otros tipos de gasificadores si es importante porque el gasificador se usa dentro de un laboratorio o un ambiente que contiene otros equipos y herramientas que pueden ser afectados. En nuestro caso el gasificador será usado en el exterior donde la única medida de precaución necesaria para evitar quemaduras es estar alejado durante su operación y usar guantes y ropa antitérmicos durante su manipulación.

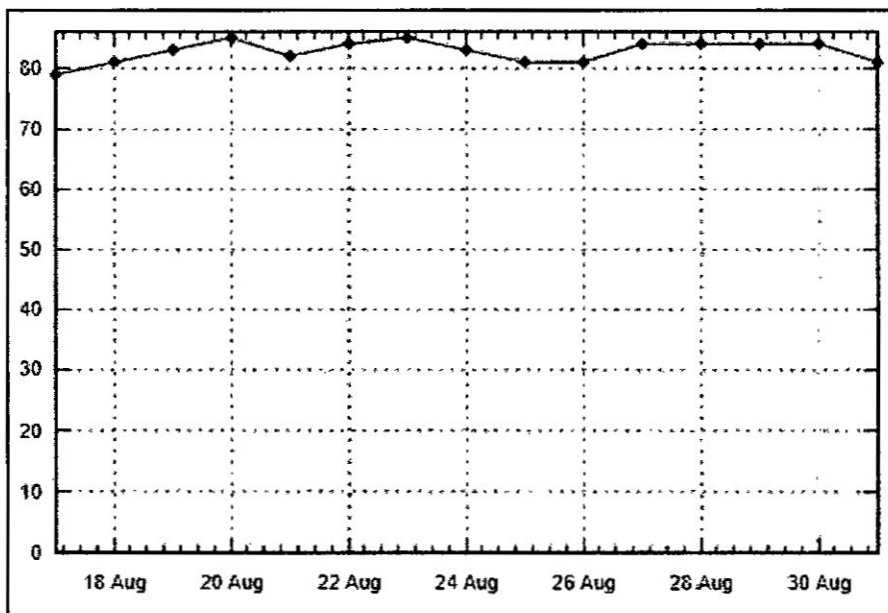
Por otro lado, estudios revelan que el uso de un aislante térmico no aumenta significativamente la temperatura de la zona de combustible (James Rivas, 2015)

FIGURA 4.20 HUMEDAD EN LIMA EN ÉPOCA DE VERANO



Fuente: www.woespana.es, 2018

FIGURA 4.21 HUMEDAD EN LIMA EN ÉPOCA DE INVIERNO



Fuente: www.woespana.es, 2018

Los aceros tienen diversos tipos de clasificaciones. El más conocido y se usa ampliamente es la clasificación según la norma UNE-EN10020-2001 que toma en cuenta el porcentaje de carbono en su composición.

Se dice que el acero es de bajo carbono cuando se compone de menos de 0.3% de carbono y su aplicación se da en carrocería de automóviles, perfiles, barras y alambres. Se dice que el acero es de medio carbono cuando se compone de entre 0.3% a 0.6% de carbono y su aplicación se da en la fabricación de elementos de máquinas de mina y naval, engranajes, cigüeñales, levas, etc. Finalmente, se dice que un acero es de alto carbono cuando se compone de entre 0.6% a 2% de carbono y se aplica en la fabricación de herramientas, muelles, ruedas de ferrocarriles, matrices, etc. (Ramos Llerena, 2013). Sin embargo, los aceros de baja aleación no son muy buenos para trabajo intermitente a temperaturas altas ni para soportar la corrosión, sino son más del tipo estructural. La variedad de aplicaciones del acero para fines de ingeniería se debe al amplio intervalo de propiedades físicas que se puede obtener por cambios en el contenido (Avallone, Baumeister III, & Sadegh, 2007)

También existe un gran grupo llamado como aceros aleados que son aceros que contienen en ciertos porcentajes los siguientes componentes: Manganeso (Mn), Silicio (Si), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Boro (B), Níquel (Ni), Molibdeno (Mo), Aluminio (Al), Cobalto (Co), Niobio (Nb), Titanio (Ti), Tungsteno (W), Vanadio (V), Zirconio (Zr), etc. las cuales sirven para mejorar las propiedades de los aceros como la resistencia, dureza, tenacidad, templabilidad, soldabilidad, etc. También se puede mejorar la resistencia a la corrosión y la

capacidad de soportar las altas temperaturas. Estos aceros son conocidos como aceros inoxidable.

Los aceros inoxidable son una aleación de hierro y cromo lo cual lo hace altamente resistente a la corrosión y a las altas temperaturas. Para que sea considerado acero inoxidable, se debe asegurar la presencia de al menos 12% de cromo en el acero. De acuerdo con la teoría clásica, el cromo forma un óxido superficial que protege la subyacente aleación de hierro – cromo de la corrosión (Smith, 1998). Los aceros inoxidable se clasifican en aceros inoxidable ferríticos, martensíticos y austeníticos.

Los aceros inoxidable ferríticos contienen desde 16% hasta un 30% de cromo y menos de 0.12% de carbono. Con frecuencia son llamados hierro inoxidable por su bajo contenido en carbono. Tienen excelente resistencia a la corrosión y son relativamente poco costosas. Resisten temperatura de hasta 870 °C sin perder sus propiedades mecánicas y son soldables (Avallone, Baumeister III, & Sadegh, 2007)

Los aceros inoxidable martensíticos fueron los primeros en desarrollarse por su dureza característica y propiedades antioxidantes. Tienen aplicaciones médicas, de cuchillería, válvulas y aplicaciones similares. Contienen menos de 16% de cromo y son mucho mejores que los aceros al carbono en resistencia a la temperatura de hasta 540°C a 650°C. Se puede soldar con arco eléctrico, gas o resistencia. (Avallone, Baumeister III, & Sadegh, 2007)

TABLA 4.11 APLICACIONES DE LOS ACEROS AL CARBONO

| Porcentaje de C | Aplicaciones |
|-----------------|---|
| 0.05 – 0.10 | Lámina, tira, tubos, clavos de alambre o puntas de París |
| 0.10 – 0.20 | Remaches, tornillos, partes para cementarse o templarse superficialmente. |
| 0.20 – 0.35 | Acero estructural, placa o palastro, pieza forjada tales como eje de levas |
| 0.35 – 0.45 | Acero de maquinaria (árboles, ejes, vástagos de conexión, etc.) |
| 0.45 – 0.55 | Piezas grandes de forja (cigüeñales, engranajes para trabajo pesado, etc.) |
| 0.60 – 0.70 | Matrices para cabezas de pernos y para estampación, rieles, tornillos opresores o prisioneros |
| 0.70 – 0.80 | Cuchillas para tijeras y cizallas, ccrtafríos o cinceles, martillos, picos, sierras de cinta. |
| 0.80 – 0.90 | Matrices y punzones de corte para preparar discos, base, barrenas o perforadores para roca, cinceles de mano. |
| 0.90 – 1.00 | Resortes, escariadores, brochaladores, punzones pequeños y matrices o dados. |
| 1.00 – 1.10 | Resortes pequeños, herramientas para torno, cepilladora, limadora y ranuradora o mortajadora |
| 1.10 – 1.20 | Brocas salomónicas, machos de roscar pequeños, dados para cortar rosca o cojinetes de terraja, cuchillería, herramientas pequeñas de torno. |
| 1.20 – 1.30 | Limas, asientos o jaulas para bolas, mandriles, hileras para estirado o trefilado, hojas para rasurar. |

Fuente: Manual del ingeniero mecánico de Marks (Avallone, Baumeister III, & Sadegh, 2007)

Los aceros inoxidable austeníticos tienen adicionadas alta cantidad de silicio para poder estabilizar la austenita a tal grado que son austeníticas a temperatura ambiente. Son muy resistentes a los ácidos y a temperatura superiores a 650 °C sin la formación de escamas que a las aleaciones que solo contienen cromo como en el caso de los aceros inoxidable ferríticos y martensíticos. Son excelentes cuando se ha de responder a combinación de alta temperatura y corrosión. Se puede soldar con gas, arco eléctrico o por resistencia si se evita la carburización. (Avallone, Baumeister III, & Sadegh, 2007)

El acero inoxidable austenítico es el material ideal para la fabricación del reactor y todos los aceros de este tipo resisten muy bien las altas temperaturas y la corrosión por lo que se seleccionó el acero 304L por ser el más comercial, por ser económicamente más accesible y por ser fácil de soldar.

Para el cálculo del espesor de la plancha a usar para la fabricación del reactor se usó la normativa ASME. De acuerdo a la UG-16 de la división de la sección VIII de ASME, el espesor mínimo de del caparazón de cualquier reactor es 1.5 mm sin considerar la corrosión (ASME, 2017).

Para determinar el espesor de la plancha a utilizar en el reactor se usaron las siguientes ecuaciones:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad \text{ECUACIÓN 4.7}$$

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4} \quad \text{ECUACIÓN 4.8}$$

**TABLA 4.12 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS
ACEROS INOXIDABLES**

| Acero | %C | %Cr | %Ni | Otros |
|---------------------|------|-----|-----|---------|
| Autenístico | | | | |
| 201 | 0.15 | 17 | 5 | 6.5% Mn |
| 304 | 0.08 | 19 | 10 | - |
| 304L | 0.03 | 19 | 10 | - |
| 316 | 0.08 | 17 | 12 | 2.5% Mo |
| 321 | 0.08 | 18 | 10 | 0.4% Ti |
| 347 | 0.08 | 18 | 11 | 0.8% Nb |
| Ferrítico | | | | |
| 430 | 0.12 | 17 | - | - |
| 442 | 0.12 | 20 | - | - |
| Martensítico | | | | |
| 416 | 0.15 | 13 | - | 0.6% Mo |
| 431 | 0.20 | 16 | 2 | - |
| 440C | 1.10 | 17 | - | 0.7% Mo |

Fuente: Ciencia e ingeniería de los materiales (Askeland, 1998)

Donde:

E: Eficiencia de junta

P: Presión interna de diseño

R: Radio interno del reactor

S: Máximo esfuerzo permisible

t: Espesor mínimo requerido

La ecuación 4.7 es conocida como la ecuación del esfuerzo circunferencial y se usa si se cumplen las siguientes condiciones:

$$t < \frac{R}{2} \quad \text{ECUACIÓN 4.9}$$

$$P < 0.385SE \quad \text{ECUACIÓN 4.10}$$

La ecuación 4.8 es conocida como la ecuación de esfuerzo longitudinal y se usa si se cumple la ecuación 4.9 y la siguiente condición:

$$P < 1.25SE \quad \text{ECUACIÓN 4.11}$$

Para nuestro caso la eficiencia de la junta es 0.6 porque la unión para la fabricación del cilindro es una junta a tope soldada sin uso de cinta de refuerzo (ver figura 4.22) y porque no se realizó ningún examen radiográfico. La presión interna del reactor es 1 atm porque está abierto por ambos lados y la reducción de presión atmosférica por la altura a la cual se encuentra Carapongo es despreciable. El radio interno es 0.315 metros que fue calculado en la sección 4.2.2. Finalmente el máximo esfuerzo permisible del acero AISI 304L es 170 MPa (ASME, 2017). Juntando todos estos valores en la ecuación 4.7 se obtiene:

TABLA 4.13 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS MÁS COMERCIALES

| Denominación AISI | Características principales |
|----------------------|---|
| 316L | Contiene una adición de Molibdeno con la cual aumenta la resistencia la resistencia a la corrosión y a temperaturas elevadas. Contiene bajo carbono que minimiza la precipitación de carburos durante la soldadura |
| 304L | Es el acero más comercial en el mercado. Presenta 18% de cromo y 8% de níquel. Esta aleación presenta excelente resistencia a la corrosión y facilidad de fabricación. Contiene bajo carbono que minimiza la precipitación de carburos durante la soldadura |
| 314 | Alta resistencia al calor hasta 1150 °C. Buena resistencia a la atmósfera oxidante. Se usa en trabajos de más de 900°C. Fácilmente soldable con arco eléctrico. |
| 321 | Contiene una adición de titanio de 5 veces la cantidad de carbono. Esta adición de titanio reduce o evita la precipitación de carburos durante la soldadura. Se usa con frecuencia en como recubrimiento en tiro de chimeneas y carcasas de calderas. |
| 310S | Usado en servicios de alta temperatura. Su alto contenido en cromo y níquel ofrece mayor resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión. Contiene bajo carbono que minimiza la precipitación de carburos durante la soldadura |

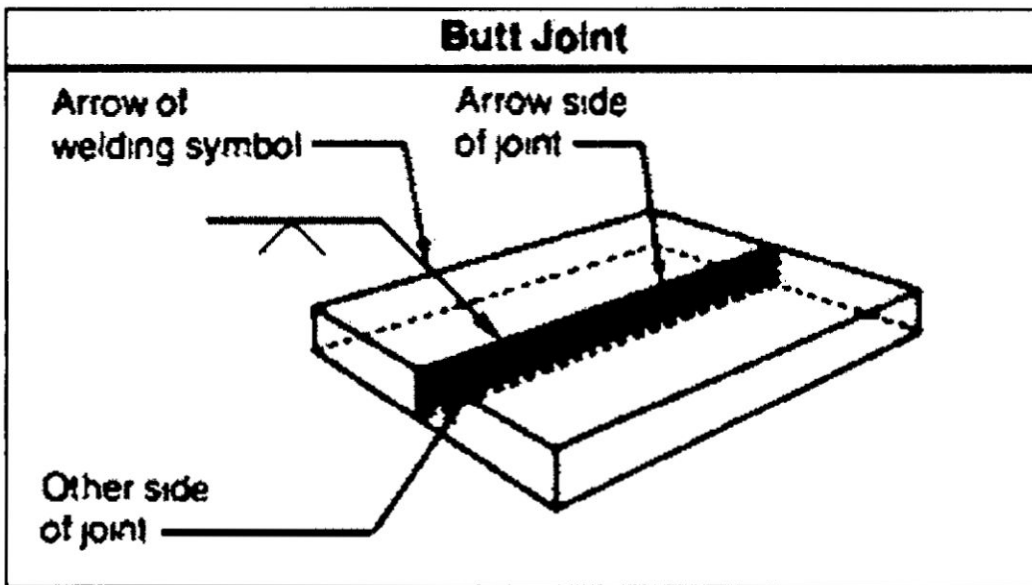
Fuente: http://www.nks.com/es/distribuidor_de_acero_inoxidable/
consultado el 2018

$$t = \frac{101325Pa \times 0.315 m}{170Mpa \times 0.6 - 0.6 \times 101325Pa}$$

$$t = 0.313 mm$$

Las relaciones 4.9 y 4.10 también se cumplen por lo que el espesor calculado es válido. Sin embargo, se tomará el espesor de 1.5 mm por el espesor mínimo límite para cualquier caso según la normativa ASME. Entre el espesor seleccionado y el espesor de diseño existen 1.187 mm de diferencia que se pueden considerar como el espesor por corrosión que la norma ASME pide considerar.

FIGURA 4.22 JUNTA A TOPE SOLDADA SIN USO DE CINTA DE REFUERZO



Fuente: The ASME code simplified, (Ellenberger, Chuse, & Carson, 2004)

Para determinar el espesor de la chimenea también se tomó al acero AISI 304L como material de construcción ya que soporta la misma temperatura de funcionamiento del reactor. La única variable que cambia con respecto al reactor es el radio interno por lo que el espesor de diseño disminuye:

$$t = \frac{101325Pa \times 0.100 m}{170Mpa \times 0.6 - 0.6 \times 101325Pa}$$

$$t = 0.099 mm$$

Las relaciones 4.9 y 4.10 también se cumplen por lo que el espesor calculado es válido. Sin embargo, se tomará el espesor de 1.5 mm por el espesor mínimo límite para cualquier caso según la normativa ASME. Entre el espesor seleccionado y el espesor de diseño existen 1.401 mm de diferencia que se pueden considerar como el espesor por corrosión que la norma ASME pide considerar.

Para la construcción los demás accesorios como asas, base del reactor, el ingreso del aire primario y secundario, etc. se usará acero ASTM A36 de 1/8", ya que solo tienen una función estructural y no soportan las altas temperaturas a las que son sometidos el reactor o la chimenea. Los cálculos y simulaciones se pueden revisar en el anexo 9.

En el plano M-002 del anexo 8 se puede visualizar que se necesitan 2 planchas de 4'x8'x1/8" de acero ASTM A36 y 2 planchas de 4'x8'x1.5mm de acero AISI 304L. La plancha de acero ASTM A36 cuesta \$45.85 + IGV cada uno y la plancha de acero AISI 304L cuesta \$119.98 + IGV. En la tabla 4.14 se puede visualizar el costo total por los materiales para la fabricación de un gasificador TLUD.

En el presente análisis no se está considerando el costo de la mano de obra ya que es un precio que varía dependiendo de la empresa que lo fabrique, las cantidades a fabricar y la inflación en el año de fabricación.

**TABLA 4.14 COSTO DE LOS MATERIALES PARA LA
FABRICACIÓN DE LA UNIDAD GASIFICADORA**

| Descripción | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Plancha de acero ASTM A36 4'x8' | 2 | \$45.85 | \$91.70 |
| Plancha de acero AISI 304L 4'x8' | 2 | \$119.98 | \$239.96 |
| Ventilador Axial 612NGLE | 1 | \$28.51 | \$28.51 |
| SUBTOTAL | | | \$360.17 |
| TOTAL | | | \$450.00 |

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones (ver anexos 5, 6 y 7)

4.3 Población y muestra

No aplica en el presente trabajo de investigación porque el diseño es único

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos es documental ya que se recopiló la experiencia e informes escritos de otros investigadores sobre el mismo tema.

Los instrumentos que se utilizaron son:

- Encuestas
- Handbooks
- Informes técnicos
- Catálogos de materiales

4.5 Procedimiento de recolección de datos

Para poder realizar el diseño de la unidad gasificadora se revisaron los diversos handbooks que existen en la actualidad y adaptar dichos procedimientos al contexto de la presente tesis. También se revisaron libros especializados en combustión, flujo de fluidos compresibles, química, materiales de ingeniería y cualquier otro que fueron necesario para terminar el diseño.

Se diseñó un cuestionario la cual fue tomada a un grupo de familias agricultoras del sector Carapongo del valle del río Rímac. Con esto se obtuvo la información suficiente para seleccionar la mejor materia prima para la generación del carbón vegetal. Como incentivo a las familias para responder dicho cuestionario se les dio un pequeño obsequio. De esta manera también se convenció a dichas familias a realizar un posible segundo cuestionario si es que la información recopilada en el primer cuestionario no hubiera sido suficiente. El cuestionario se puede visualizar en el anexo 3

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

No aplica en el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Selección de la madera como materia prima

Se determinó que la madera a usar será la madera que se recolecta de la poda de los parques y jardines de las municipalidades aledañas, ya que, dentro de Carapongo no hay una gran flora para explotar su madera. En el subsector de riego de Carapongo existe una gran cantidad de hortalizas y pocos árboles, que en su mayoría son árboles frutales, y sus frutos son fuente de ingreso de las familias agricultoras. Se espera que la masa de carbón obtenido en una unidad gasificadora TLUD sea el 15% de la masa de la materia prima inicial (Aqueous Solutions, 2010). En la siguiente tabla se pueden ver los resultados de las variables consideradas en la operacionalización de variables.

TABLA 5.1 RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE MADERA

| Distritos | Toneladas por año de madera | Distancia (km) | Tiempo de viaje (min) | Toneladas por año de carbón vegetal |
|------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Miraflores | 176.70 | 28.1 | 35 | 26.51 |
| Ate | 104.83 | 4.2 | 14 | 15.72 |
| Santa Anita | 19.49 | 11.4 | 30 | 2.92 |
| La Molina | 504.00 | 13.4 | 32 | 75.51 |
| San Juan de Lurigancho | 184.56 | 20.1 | 42 | 27.68 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, todas las municipalidades pueden proveer de madera continuamente para el funcionamiento del TLUD, sin embargo, se opta por seleccionar al distrito de Ate como principal proveedor de madera, ya que, es el distrito más cercano y a donde se puede acceder rápidamente sin pago de peajes o impuestos de por medio por el transporte.

5.2 Configuración del flujo de aire

Luego de realizar los cálculos necesarios se determinó que el flujo de aire primario será controlado por un ventilador axial compacto a un flujo de 11.79 m³/h, este estará instalado en un conducto cuadrado de 60cm². Por lo tanto la cantidad de oxígeno que ingresará a la cámara es 2.46 m³/h. Conociendo el flujo y el diámetro equivalente de la sección cuadrada, se determinó que el número de Reynolds del flujo primario es 1576.8, lo cual es deseable para que no se forme turbulencia que genere microtriángulos de fuego que consuman la biomasa en lugar de gasificarla. Como se sabe al aumentar la temperatura del aire la viscosidad también disminuirá, por lo que, el número de Reynolds aumentará. Eso quiere decir que dentro del reactor el flujo empezará a ser un fluido de flujo turbulento. En caso del aire secundario, se dejarán varias aberturas en la parte superior del reactor para que aire ingrese en exceso y combustione completamente con el syngas generado. Con todo ello, la temperatura de operación será de 800°C, pudiendo llegar hasta un máximo de 900°C

5.3 Materiales de construcción

Para la construcción del reactor y la chimenea se necesita de una material que soporte las temperaturas de operación de 900 ° C de la unidad gasificadora y

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **AGRICULTURA ECOLÓGICO. Poda de árboles: cómo y cuándo se realiza y herramientas necesarias.** Disponible en <https://www.ecoagricultor.com/consejos-para-la-poda-de-arboles/>. Consultada el 28 de enero del 2007
- **ANA. Fuentes contaminantes identificados en la cuenca del río Rimac.** Lima. 2011.
- **ANDERSON, Paul. S. Construction Plan for the "Champion-2008" TLUD Gasifier Cookstove.** Normal, Illions, USA. 11 de Marzo de 2009.
- **ANDERSON, Paul. S. History.** Disponible en <http://www.drtilud.com/history/>. Consultada el 10 de Junio de 2018
- **AQUAFONDO. La contaminación de los ríos de Lima.** Disponible en http://www.faustocardenas.com/aquafondos/pdf/aprende-mas/4._La_contaminacion_de_los_rios_de_Lima.pdf. Consultado el 10 de Junio de 2018.
- **AQUEOUS SOLUTIONS. La Fabricación de un Gasificador de Biomasa de 200L para hacer Carbón/Biochar Mejorado para Filtrar Agua.** 2010.
- **ASKELAND, Donald. Ciencia e Ingeniería de los Materiales.** International Thomson Editores. 1998.

- **ASME. Rules for Construction of Pressure Vessels.** The American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Pressure Vessel, New York. 2017.
- **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac.** Lima. 2010.
- **AVALLONE, Eugene A., BAUMEISTER III, Theodore & SADEGH, Ali. Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers.** McGraw-Hill Education. Décimo primera edición. 2007.
- **BELONIO, Alexis T. Rice Husk Gas Stove Handbook.** College of Agriculture Central Philippine University. Philippines. 2005.
- **BORRÁS, Carla. La importancia de los árboles en las ciudades.** Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-los-arboles-en-las-ciudades-572.html>. Consultada el 11 de Junio de 2018.
- **BRADY, George S., CLAUSER, Henry H. & VACCARI, John A. Materials Handbook: An Encyclopedia for Managers, Technical Professionals, Purchasing and Production Managers, Technicians and Supervisors.** New York: McGraw-Hill. 2002.
- **CABRERA CÓRDOVA, Victor Carlos, & ROSSI LUNA, María Grazia. Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos sólidos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes**

públicas del distrito de Miraflores. Ingeniero de Agronomía e Ingeniero Ambiental. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016.

- CORBITT, Robert. A. **Standard Handbook of Environmental Engineering.** New York: McGraw-Hill Professional. 1999.
- DE OLIVEIRA, Marcos. **Carbón vegetal sostenible** Disponible en <http://revistapesquisa.fapesp.br/es/2011/11/01/carbon-vegetal-sostenible/>. (01 de Noviembre de 2011). Consultado el 10 de Junio de 2018, de
- ELLENBERGER, J. Phillip, CHUSE, Robert. & CARSON, Bryce E. **Pressure Vessel - The ASME Code Simplified.** McGraw-Hill. 2004.
- EMRICH, Walter. **Handbook of Charcoal Making.** Holanda: D. Reidel Publishing Company. 1985.
- GARCÍA MONTERO, Carlos & PAZ GASTAÑEDA, María. **Árboles de Lima.** Lima: PTYX Editores. 2008.
- HUARAZ CHOI, Carlos Yi. **Diseño de un gasificador de 25 kW para aplicaciones domésticas usando como combustible cascarilla de arroz.** Ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013.
- HUARIPOMA VEGA, Diego Alonso. **Diseño de un Gasificador Downdraft Invertido de 2600kcal/h que emplea Cascarilla de Arroz como Combustible.** Ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2015.

- INEI. **11 de Julio Día Mundial de la Población**. Disponible en:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1032/libro.pdf. Consultada el 10 de junio del 2018.
- JAMES RIVAS, Arthur. M. **Simultaneous Biochar and Syngas Production in a Top-Lit Updraft Biomass Gasifier**. North Carolina State University, North Carolina. 2015
- JUÁREZ, Henry. **Contaminación del Río Rimac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana**. Lima. 2012.
- KEARNS, Josh. **Sustainable Decentralized Water Treatment for Rural and Developing Communities Using Gasifier Biomass**. Colorado. 2012.
- KUMARARAJA, L., GOPINATH REDDY, P., VENKATA RAMANAN, M., & SETHUMADHAVAN, R. **Experimental Investigation on the Changes in Bed Properties of a Downdraft Biomass Gasifier**. *International Journal of Engineering, Science and Technology*. Vol. 2 No. 6: 98 al 106. Agosto del 2010.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. **Reciclaje y disposición final segura de Residuos Sólidos**. Disponible en:
<http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39052>. Consultada el 09 de junio del 2018.

- **MUNICIPALIDAD DE ATE. Plan de manejo de residuos sólidos del distrito de Ate.** Disponible en:
http://www.muniate.gob.pe/ate/files/documentosPlaneamientoOrganizacion/GESTION_RESIDUOS_SOLIDOS/2011/PLAN_RRS_ATE.pdf. Lima, Lima, Perú. Consultada el 09 de junio del 2018.
- **MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA. Informe de Evaluación 2012-2013 y plan de desarrollo local concertado 2012-2021.** Disponible en:
http://www.munimolina.gob.pe/descargas/pdf/pdlc/PDLC_Anexos_Parte_5.pdf. Consultada el 10 de junio del 2018.
- **MUNICIPALIDAD DE LA MOLINA. Por la naturaleza La Molina ecorecicla.** Disponible en: <https://ipmcs.fiu.edu/mayors-conference/additional-material/eco.pdf>. Consultada el 09 de junio del 2018.
- **MUNICIPALIDAD DE SANTA ANITA. Plan de manejo de residuos sólidos del distrito de santa anita - 2015.** Lima. 2015.
- **MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO. Plan de manejo de residuos sólidos (PMRS) del distrito de San Juan de Lurigancho.** Lima. 2016.
- **ORREGOS PEÑAGOS, Juan Luis. El valle del Rímac: la energía hidroeléctrica.** Disponible en:

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/juanluisorrego/2010/03/05/el-valle-del-rimac-la-energia-hidroelectrica/>. Consultada el 10 de junio del 2018.

- **PROBIOMASA. Gasificación de biomasa.** Disponible en:
http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/04Gasificacion_hojaTecnica.pdf.
Consultado el 10 de Junio de 2018.
- **RAMIREZ GUERRA, Christian Alejandro. El carbón activado para el tratamiento del agua.** Sonora: Universidad de Sonora. 2009.
- **RAMOS LLERENA, Ricardo André. Estudio de la Soldabilidad de la Unión Disimilar de un Cobre con 5% de Zn con Acero Estructural ASTM A36.** Ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013.
- **REED, Thomas B. Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems.** Colorado. Biomass Energy Foundation Press. 1988.
- **SMITH, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales.** España. McGraw-Hill. 1998.
- **SWEENEY, Dan. Handbook for Biomass Cookstove Research, Design and Development.** East Africa. 2017.
- **VILLAVERDE CALDERÓN, María & ENCISO CONDORCUYA, Lidia. Preparémonos ante la ocurrencia de desastres en Carapongo.** Lima. 2012.

ANEXOS

TÍTULO GENERAL EN EL SUBSECTOR DE

| MÉTODOLOGÍA | POBLACIÓN |
|---|---|
| <p>Problema ¿Cómo se trabaja es una gasificación tecnológica que se usará el carbón vegetal tecnológico para solucionar el problema del uso de agua en Carapongda para el riego</p> <p>Problemas ¿Cómo se trabaja de materia prima es de nivel gasificado porque se obtienen los subproductos y resultados en Carapongda ¿Cómo se trabajan en diferentes reactores de gasificación ¿Cuáles son las características de fabricación para soportar las temperaturas generadas en la unidad</p> | <p>Población No aplica en el presente trabajo de investigación</p> <p>Muestra No aplica en el presente trabajo de investigación</p> |

CUESTIONARIO 1
(Elaborado por: Alexander Sea Ordaya)

1. Nombre de la familia.

Rosa

2. ¿Cuántas personas trabajan en la chacra?

3 personas

3. ¿Qué tipo de hortalizas cosechan?

Col

4. ¿Qué tipo de árboles existen en las inmediaciones?

Anirimoya, mango, Uva, Palta

5. ¿De dónde obtienen el agua para regar sus plantas?

Agua de pozo solo para semillas

6. ¿Usa el agua del río Rímac para regar sus plantas?

Si, para regar planta grande

7. ¿Es consciente de la contaminación del agua del río Rímac?

Si

8. ¿Sabe Ud. que existen métodos para convertir el agua de río en agua para regar?

No

9. ¿Ha escuchado sobre el uso del carbón vegetal como elemento filtrante?

No

10. ¿Usaría el agua del río Rímac para el riego si pudiera eliminar sus elementos contaminantes previamente?

Si. Rosa Ordaya

CUESTIONARIO 3

(Elaborado por: Alexander Sea Ordaya)

1. Nombre de la familia:

- Campo Sol

2. ¿Cuántas personas trabajan en la chacra?

3

3. ¿Qué tipo de hortalizas cosechan?

Nabo, beterraga, rabanito, huacatay

4. ¿Qué tipo de árboles existen en las inmediaciones?

Frutales

5. ¿De dónde obtienen el agua para regar sus plantas?

Río Rimac

6. ¿Usa el agua del río Rímac para regar sus plantas?

Si

7. ¿Es consciente de la contaminación del agua del río Rímac?

Si

8. ¿Sabe Ud. que existen métodos para convertir el agua de río en agua para regar?

No

9. ¿Ha escuchado sobre el uso del carbón vegetal como elemento filtrante?

No

10. ¿Usaría el agua del río Rímac para el riego si pudiera eliminar sus elementos contaminantes previamente?

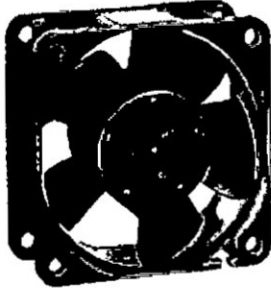
Si

ANEXO 4 FICHA TÉCNICA DE LOS VENTILADORES SERIE 600NG MARCA EBM PAPST

600NG Series

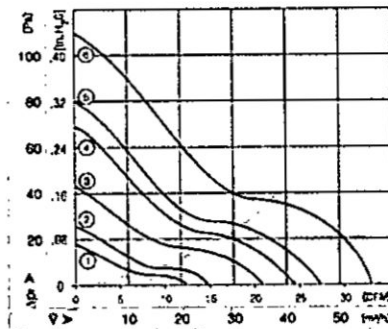
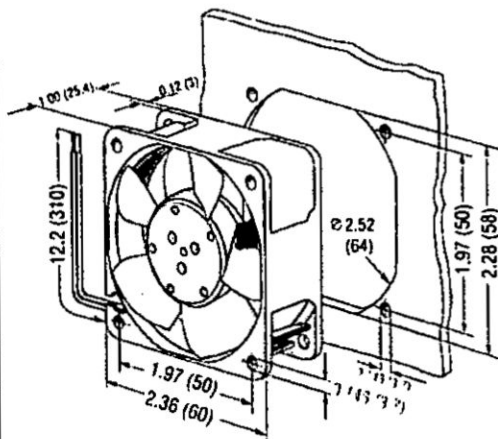
Tubeaxial

60x60x25mm



- DC fans with electronically commutated external rotor motor. Fully integrated commutation electronics.
- With electronic protection against reverse polarity, blocking and overloading.
- Mounting from either face using four 3.7 mm holes.
- Fan of fiberglass reinforced plastic. PBTP housing, PA impeller.
- Air exhaust over struts. Rotational direction CCW looking at rotor.
- Electrical connection via 2 leads AWG 22, TR 64. Stripped and tinned ends.
- UL, CSA, VDE approvals on some models, please contact application engineering.

| Part Number | Curve | CFM @ 0 | VDC | Volt. Range | Power (W) | mA | Max Amb. Temp. C | Bearing Type | Features | Wgt. (oz) |
|-------------|-------|---------|-----|-------------|-----------|----|------------------|--------------|----------|-----------|
| 612NGLE | 1 | 12.4 | 12 | 8 to 15 | 0.6 | 16 | 85 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 612NGMLE | 2 | 14.7 | 12 | 8 to 15 | 0.7 | 19 | 85 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 612NGME | 3 | 20.6 | 12 | 8 to 15 | 1.2 | 28 | 75 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 612NGN | 4 | 24.7 | 12 | 8 to 15 | 2.1 | 35 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 612NGH | 5 | 27.1 | 12 | 8 to 15 | 2.6 | 38 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 612NGHH | 6 | 33.0 | 12 | 8 to 13.2 | 3.8 | 43 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| | | | | | | | | | | |
| 614NGL | 1 | 12.4 | 24 | 18 to 28 | 1.0 | 16 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 614NGML | 2 | 14.7 | 24 | 18 to 28 | 1.2 | 19 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 614NGM | 3 | 20.6 | 24 | 18 to 28 | 1.7 | 28 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 614NGN | 4 | 24.7 | 24 | 18 to 28 | 2.1 | 35 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 614NGH | 5 | 27.1 | 24 | 18 to 26 | 2.6 | 38 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |
| 614NGHH | 6 | 33.0 | 24 | 18 to 26 | 3.8 | 43 | 70 | Sintec | Leads | 0.19 |



ebmpapst

e-mail: sales@us.ebmpapst.com · TEL: 860-674-1515 · FAX: 860-674-8538
 ebm-papst Inc., 100 Hyde Road, Farmington, CT 06034 USA
 ebm-papst Inc., 2006 © ebm-papst Inc. reserves the right to change any specifications or data without notice

ANEXO 6 COTIZACIÓN DE LAS PLANCHAS DE ACERO ASTM A36



COTIZACION
Nro. 0100173910

Oficina Comercial y Almacén
JR. DANIEL ALCIDES CARRIÓN 1012
MAGDALENA DEL MAR
Telf. 51-1-7115000
Almacén
PANAMERICANA SUR KM 30 LURIN
LIMA

Monedas:
Dirección:
D.U.C.:
Atención:
Lugar de Entrega:

Teléfono:
Fax:

Emisión: 14/05/2018
Orden de Compra:
Moneda: DÓLAR AMERICANO
Página: 1/1

Forma de Pago: EFECTIVO CONTADO.
Observaciones:

| CODIGO | DESCRIPCION | U.M. | CANT | PESO UN | PESO | PRECIO | TOTAL NETO |
|----------------|------------------------------------|------|-------|-------------|---------|--------|---------------|
| 9000000011 | PL LC ASTM A-36 2.90 X 1200 X 2400 | PZA | 2.000 | 65.560 | 131.120 | 45.85 | 91.70 |
| TOTALES | | | | | | | |
| | | | | Valor Venta | I.G.V. | | Importe Total |
| | | | | 91.70 | 16.51 | 18.00 | 108.21 |

MONEDA: CIENTO OCHO CON 21/100 DOLARES AMERICANOS

No Afecto al Régimen de Percepción %

Condiciones de Venta

LOS PRECIOS NO INCLUYEN IGV. (18%)
ESTA COTIZACIÓN ESTÁ SUJETA A VARIACION SIN PREVIO AVISO
VALIDEZ DE LA OFERTA 2 DIAS
TIEMPO DE ENTREGA: A PARTIR DE 48 HORAS DE ENVIADA LA ORDEN DE COMPRA SALVO PREVIA VENTA
CONFIRMAR SU PEDIDO CON ORDEN DE COMPRA
GARANTIZAMOS NUESTROS PRODUCTOS CON CERTIFICADO DE CALIDAD
NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES PASADO LOS TRES DÍAS DE SU ENTREGA.

CONSULTAR AL VENDEDOR: ELIZABET ROJAS - CELULAR : 7115000-134

Atentamente,

ELIZABET ROJAS

ANEXO 7 COTIZACIÓN DE LAS PLANCHAS DE ACERO AISI 304L



COTIZACION NRO. 159871

CONSULTE NUESTROS SERVICIOS:

- > PANCHAS PERFORADAS
- > FILTROS Y TUBOS CIEGOS PARA POZOS
- > CORTE Y DOBLÉZ
- > ROLADO
- > MECANIZADO DE PIEZAS

SEÑORES :
 DIRECCION :
 ATENCION : Alexander Sea Ordaya
 TELEFONOS : 373 6969 948615237
 Fecha : 14/05/2018 a.m.

Estimados Señores :

En atención a su solicitud, nos es grato cotizarles los siguientes materiales :

| ITEM | CODIGO | DESCRIPCION. | U.M. | CANT. | P. UNIT. | TOTAL |
|------|--------|--|------|-------|----------|--------|
| 1 | 12877 | PLANCHA ACERO INOX. A-240 C-304 L 1.5MM X 4' X 8' A4-PVC | PZA | 2.00 | 119.98 | 239.96 |
| 2 | 6305 | PLANCHA ACERO INOX. A-240 C-316 L 1.5MM X 1500 X 3000 2B | PZA | 1.00 | 221.05 | 221.05 |

CONDICIONES DE VENTA :

- * Validez de la cotización : 1 día(s)
- * Plazo de entrega : día(s)
- * Forma de Pago : Contado
- * Confirmar su pedido con orden de compra
- * Esta cotización deja sin efecto todas las anteriores
- * Cta. Cte. Bco. Crédito S/. : 191-2116740-0-11
- * Cta. Cte. Bco. Crédito \$: 191-2097314-1-98
- * Cta. Ahorros Bco. Continental S/. : 0011 0312 67 0200172538
- * Cta. Ahorros Bco. Continental \$: 0011 0312 60 0200172546
- * Cta. Cte. Bco. Scotiabank S/. : 2156067
- * Cta. Cte. Bco. Scotiabank \$: 4465179
- * Las dimensiones y tolerancias de nuestros materiales se rigen por las normas ASTM

SUB TOTAL 461.01

IMPUESTO (1.8%) 82.98

TOTAL US\$ 543.99

Sin otro Particular, y a la espera de una pronta respuesta nos despedimos de ustedes.

Atentamente,

Alexander Salinas Vasquez
 Asesor Técnico Comercial

TELF. : 500-0622

ENTEL : 986238054

RPM : #980099663

RPC :

EMAIL : alexander.salinas@inamesa.com.pe



FORMACIÓN

CENTRAL TELEFONICA : (511)5000620

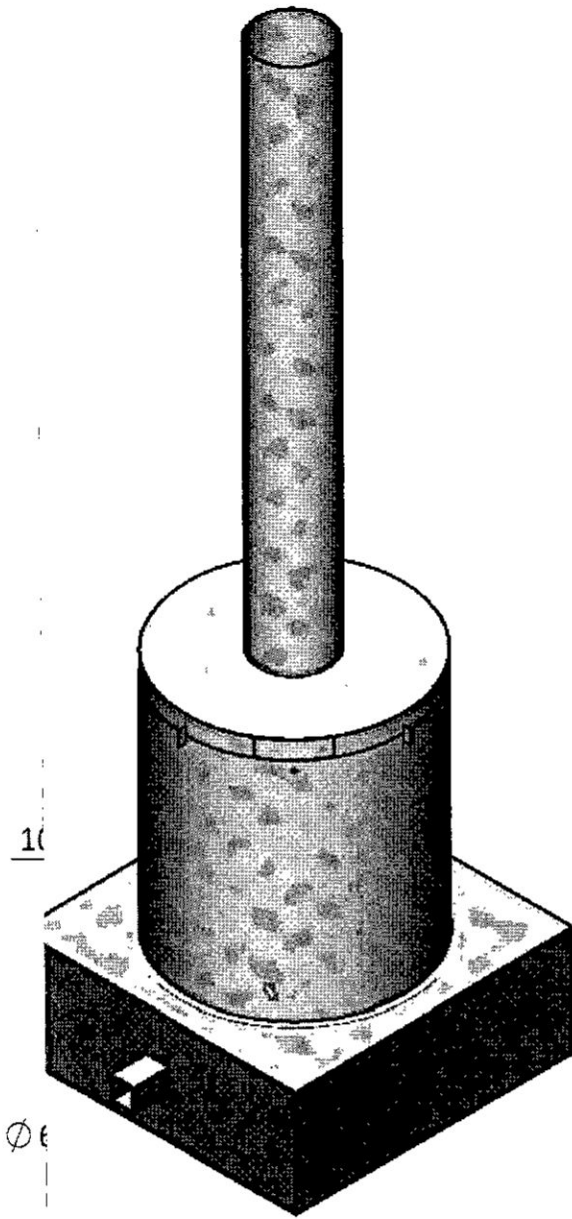
Calle 05 Mz L-1 Sub Lote 3B Coop. Las Vertientes, Lurin V.E.S
 E-mail: ventas@inamesa.com.pe / Visitanos en la Web: www.inamesa.pe



HOMOLOGA
Standard - Quality - Trust

ANEXO 8 PLANOS DE FABRICACIÓN

2480.45



VISTA ISOMÉTRICA GENERAL
ESCALA 1 : 15

60

| | | | |
|---------------------------|---------------|----------------------------------|-------------|
| A 5/18 5/18 5/18 | PROYECTO: | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L | |
| | NOMBRE: | ENSAMBLE GENERAL | |
| | N.º DE DIBUJO | E-001 | |
| | ESCALA: | INDICADO | HOJA 1 DE 1 |

| MATERIAL | PESO (Kg) | PLANO | CANTIDAD |
|----------------|-----------|-------|----------|
| AISI 304L | 15.02 | P-007 | 1 |
| AISI 304L | 3.57 | P-001 | 1 |
| ASTM A36 Acero | 7.93 | P-008 | 1 |
| ASTM A36 Acero | 1.86 | P-009 | 1 |
| ASTM A36 Acero | 5.96 | P-010 | 3 |
| ASTM A36 Acero | 5.87 | P-011 | 1 |
| ASTM A36 Acero | 15.95 | P-012 | 1 |
| ASTM A36 Acero | 0.63 | P-006 | 1 |
| AISI 304L | 11.25 | P-005 | 1 |
| AISI 304L | 0.02 | P-002 | 4 |
| AISI 304L | 0.20 | P-003 | 4 |
| AISI 304L | 3.39 | P-004 | 1 |

| | | |
|----|----------------------------------|-------------|
| | PROYECTO: | |
| 18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L | |
| 18 | NOMBRE: | |
| 18 | EXPLOSIÓN GENERAL | |
| | N.º DE DIBUJO | |
| | M-001 | |
| | ESCALA: INDICADO | HOJA 1 DE 1 |

F304L

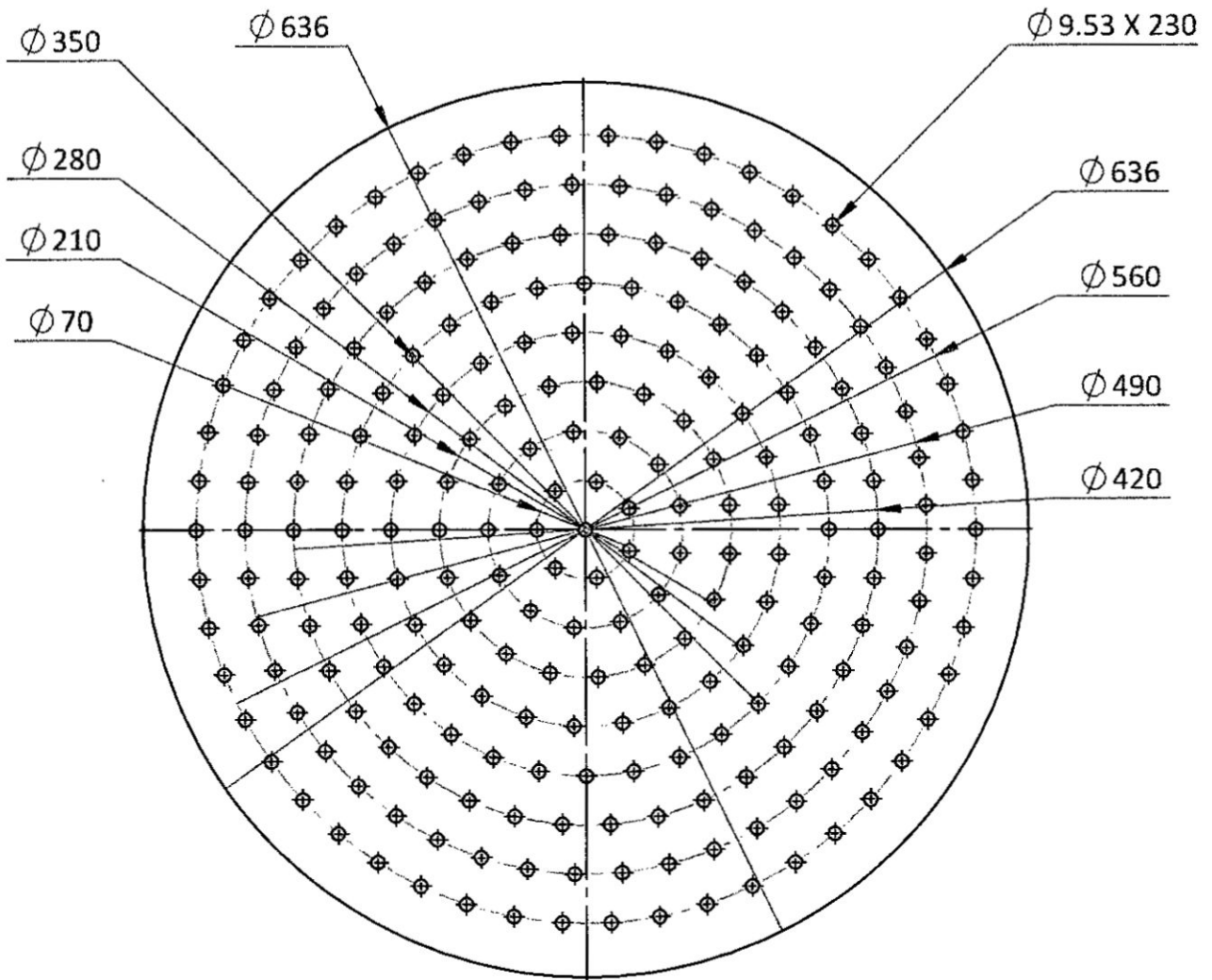


OPERA TLUD DE 200L

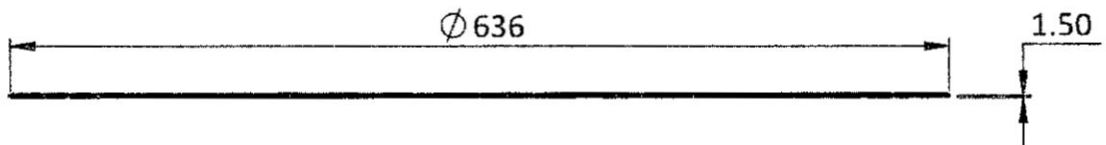
ANCHAS DE ACERO

002

HOJA 1 DE 1

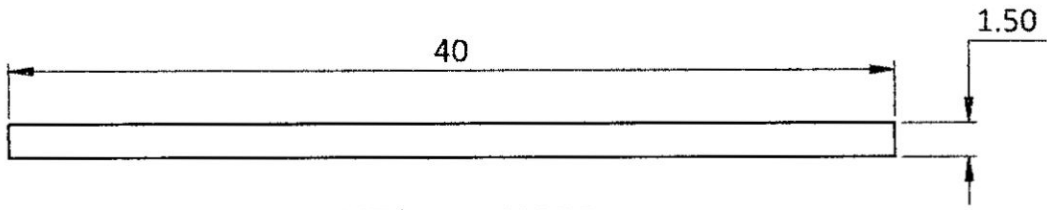


**VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 5**

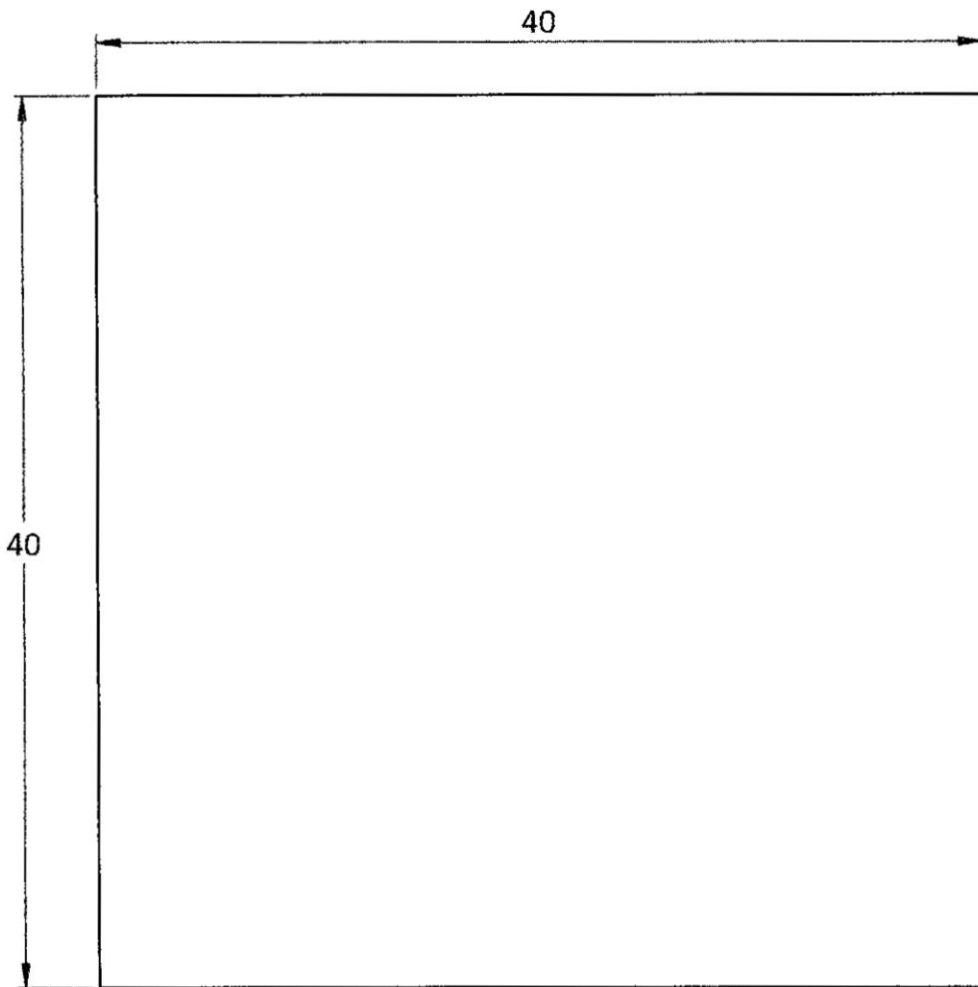


**VISTA LATERAL
ESCALA 1 : 5**

| | | | |
|-----------|---------------|--------------|----------------------------------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: |
| DI. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L |
| OF. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: |
| OB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | BASE DEL REACTOR |
| MATERIAL: | AISI 304 | | N.º DE PLANO |
| | 3.62 Kg | | P-001 |
| | | | ESCALA: |
| | | | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 |

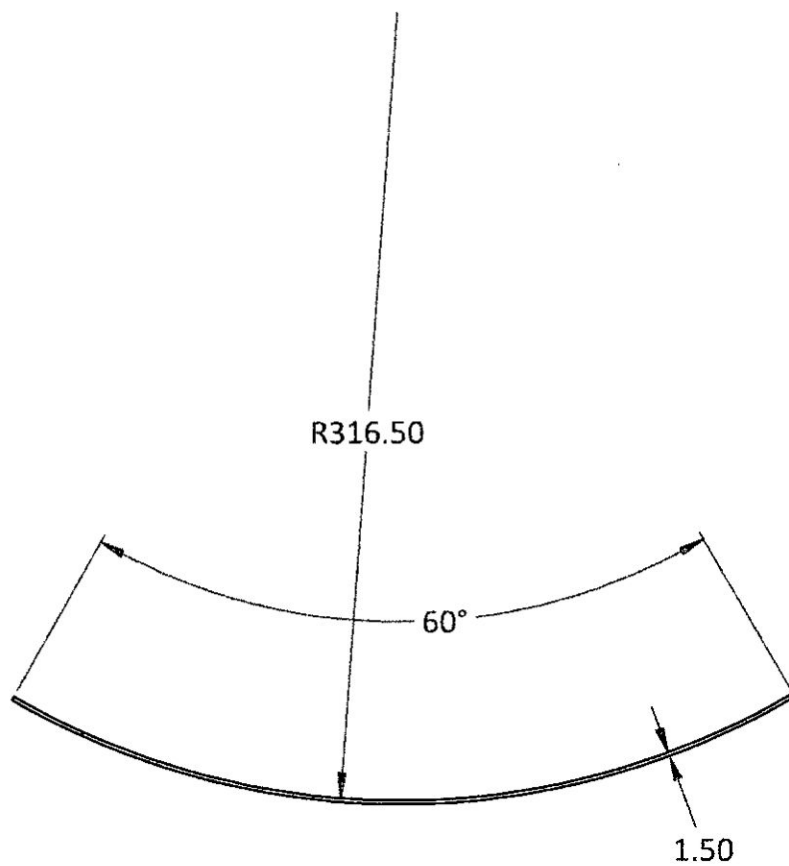


**VISTA SUPERIOR
ESCALA 3 : 1**

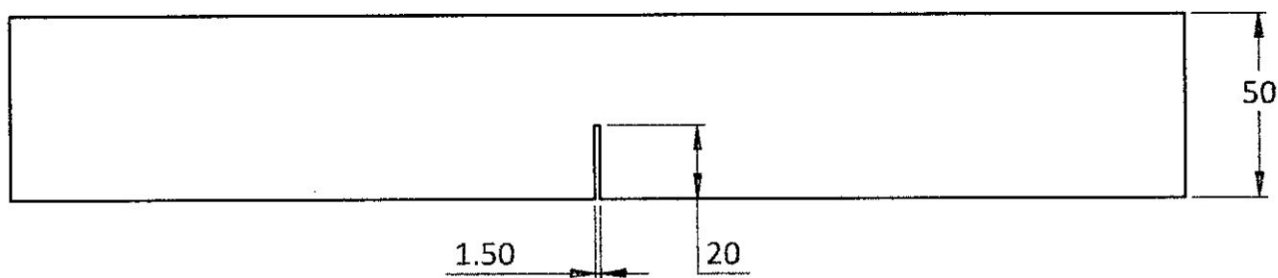


**VISTA FRONTAL
ESCALA 3 : 1**

| | | | |
|----------------|---------------|----------------|----------------------------------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: |
| U. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L |
| F. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: |
| DB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | BASE SUPERIOR - 01 |
| SERIAL: | AISI 304 | | N.º DE PLANO |
| | | | P-002 |
| PO: | 0.02 Kg | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 |

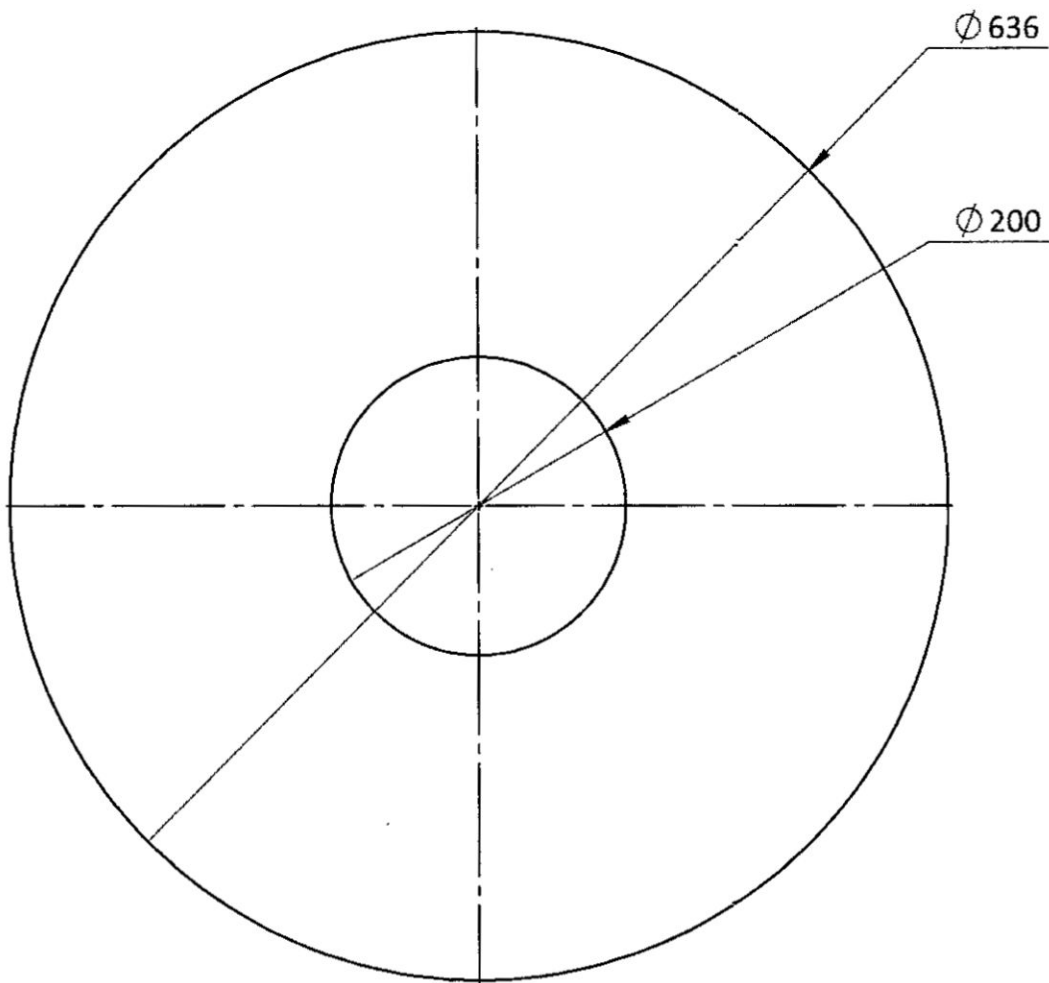


VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 3

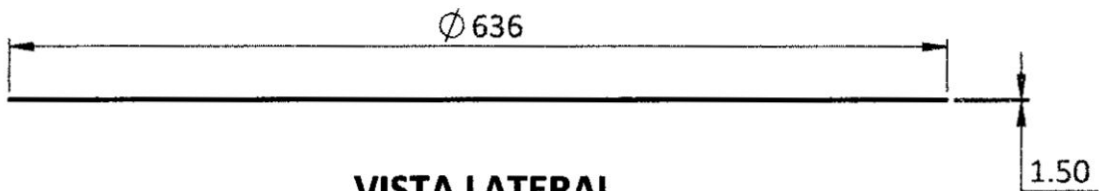


VISTA FRONTAL
ESCALA 1 : 2

| NOMBRE | | FECHA | PROYECTO: | |
|-----------|---------------|----------|----------------------------------|-------------|
| DI. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L | |
| RF. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: | |
| DB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | BASE SUPERIOR - 02 | |
| MATERIAL: | | | N.º DE PLANO | |
| AISI 304 | | | P-003 | |
| PESO: | | | ESCALA: | HOJA 1 DE 1 |
| 0.20 Kg | | | INDICADO | |

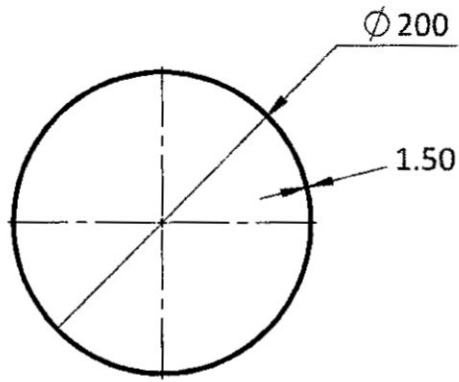


VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 5

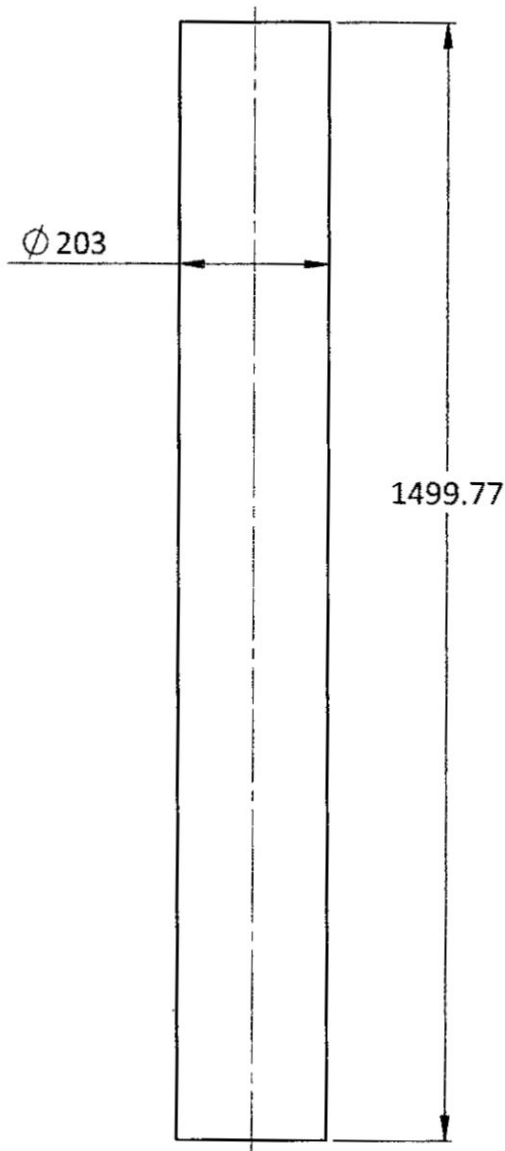


VISTA LATERAL
ESCALA 1 : 5

| | | | |
|------------------|---------------|--------------|----------------------------------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: |
| UJ. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L |
| MF. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: |
| DB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | BASE SUPERIOR - 03 |
| MATERIAL: | AISI 304 | | N.º DE PLANO |
| | | | F-004 |
| PESO: | 3.44 Kg | | ESCALA: INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 |

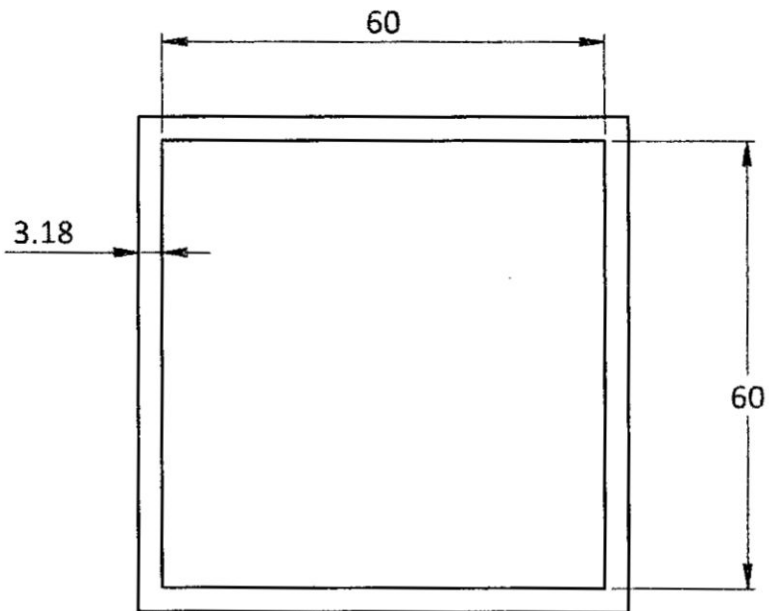


VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 5

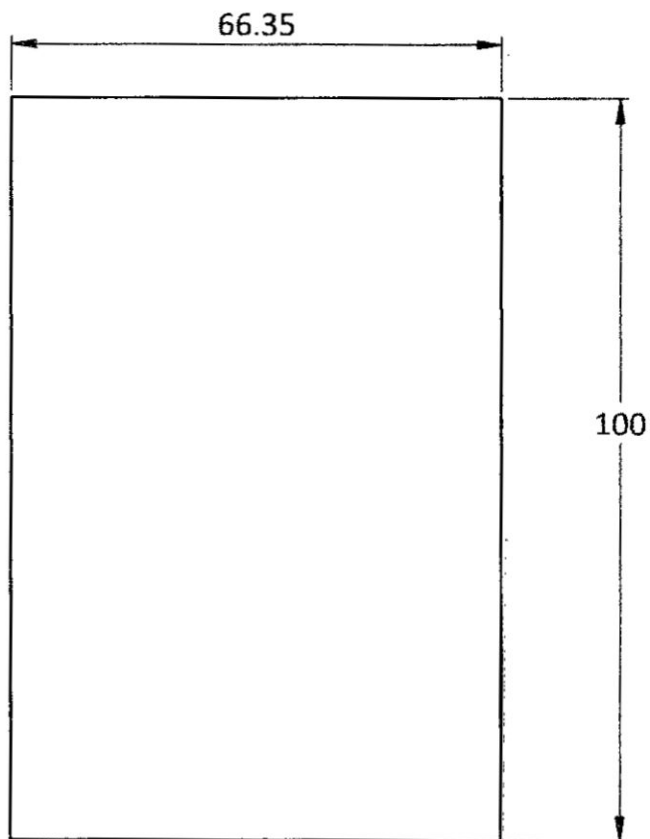


VISTA FRONTAL

| | | | | |
|---------|---------------|--------------|----------------------------------|----------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: | |
| ■J. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L | |
| ■F. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: | |
| ■OB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | CHIMENEA | |
| ■ERIAL: | AISI 304L | | N.º DE PLANO | |
| | | | P-005 | |
| ■D: | 11.25 Kg | | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 | |

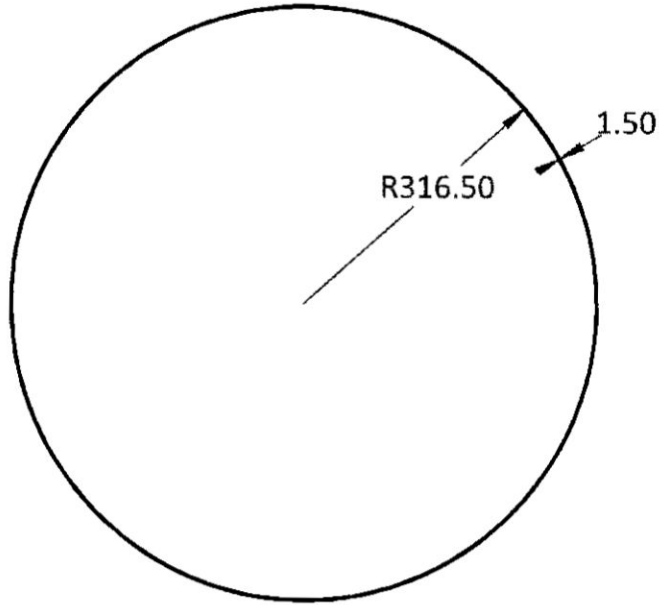


**VISTA FRONTAL
ESCALA 1 : 1**

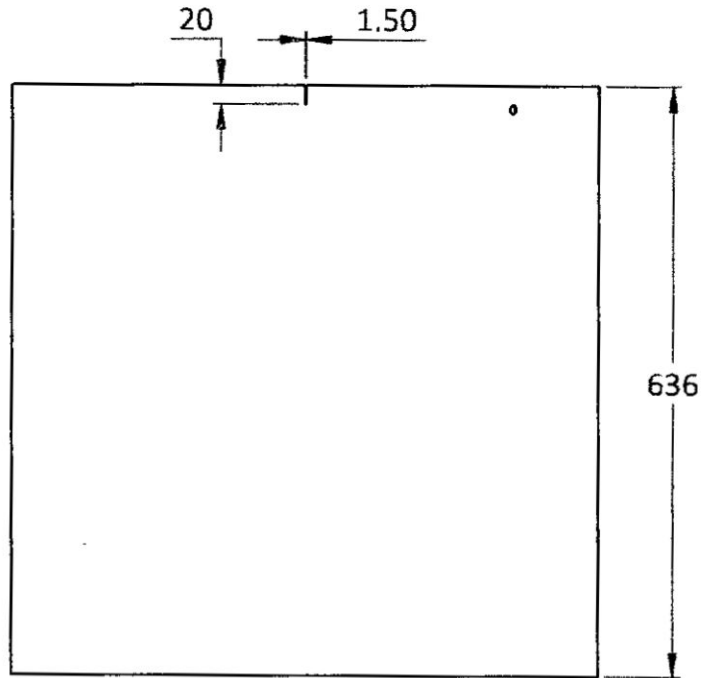


ESCALA 1 : 1

| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: |
|----------|----------------|----------|----------------------------------|
| #J. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L |
| #F. | A. SEA | 09/06/18 | |
| #OB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | |
| | | | NOMBRE: ENTRADA DE AIRE |
| #SERIAL: | ASTM A36 Acero | | N.º DE PLANO P-006 |
| #PESO: | 0.63 Kg | | ESCALA: INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 |

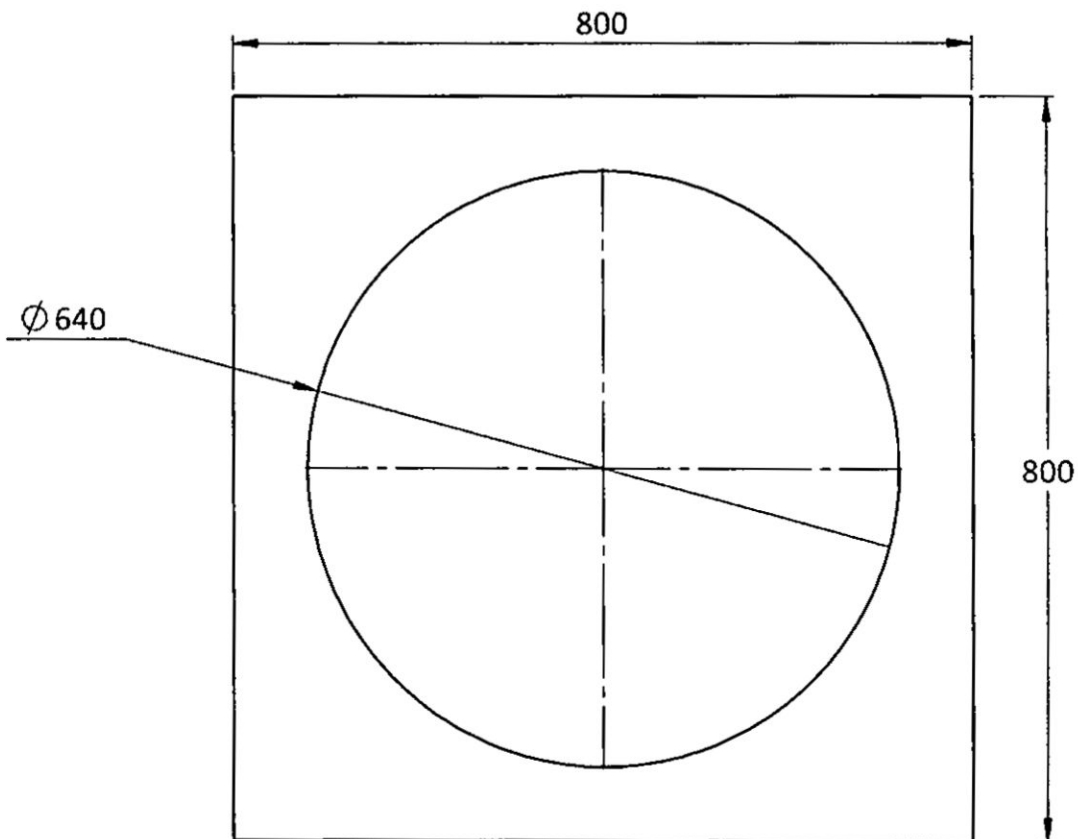


VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 8

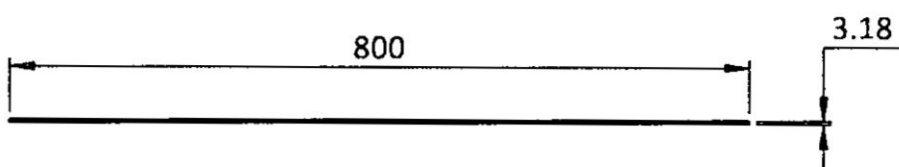


VISTA FRONTAL
ESCALA 1 : 8

| | | | |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: |
| -JJ. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L |
| -FF. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: |
| -OOB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | REACTOR |
| MATERIAL: | AISI 304 | | N.º DE PLANO |
| | | | P-007 |
| PO: | 15.21 Kg | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 |

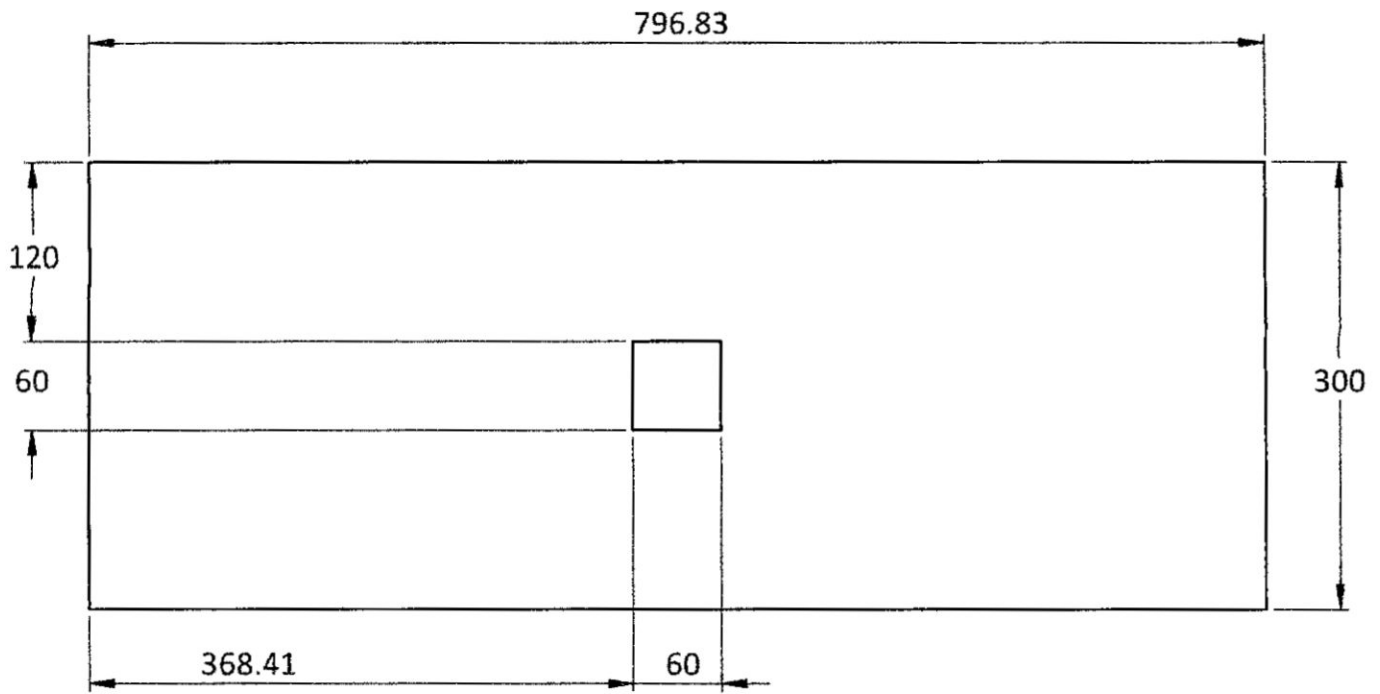


**VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 8**

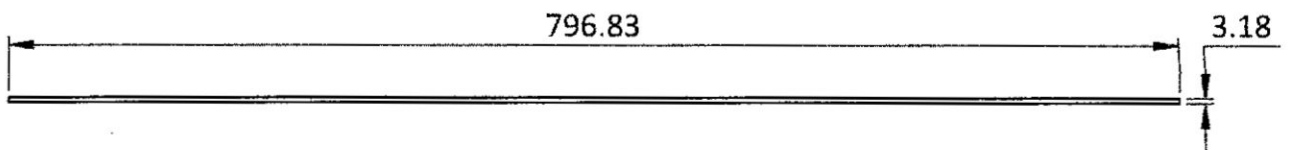


**VISTA LATERAL
ESCALA 1 : 8**

| | | | | |
|------------------|----------------|--------------|----------------------------------|----------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: | |
| JJ. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L | |
| N.F. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: | |
| N.OB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | SOPORTE_01 | |
| MATERIAL: | ASTM A36 Acero | | N.º DE PLANO | |
| | 7.93 Kg | | P-008 | |
| P: | 7.93 Kg | | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 | |
| P: | 1.86 Kg | | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 | |

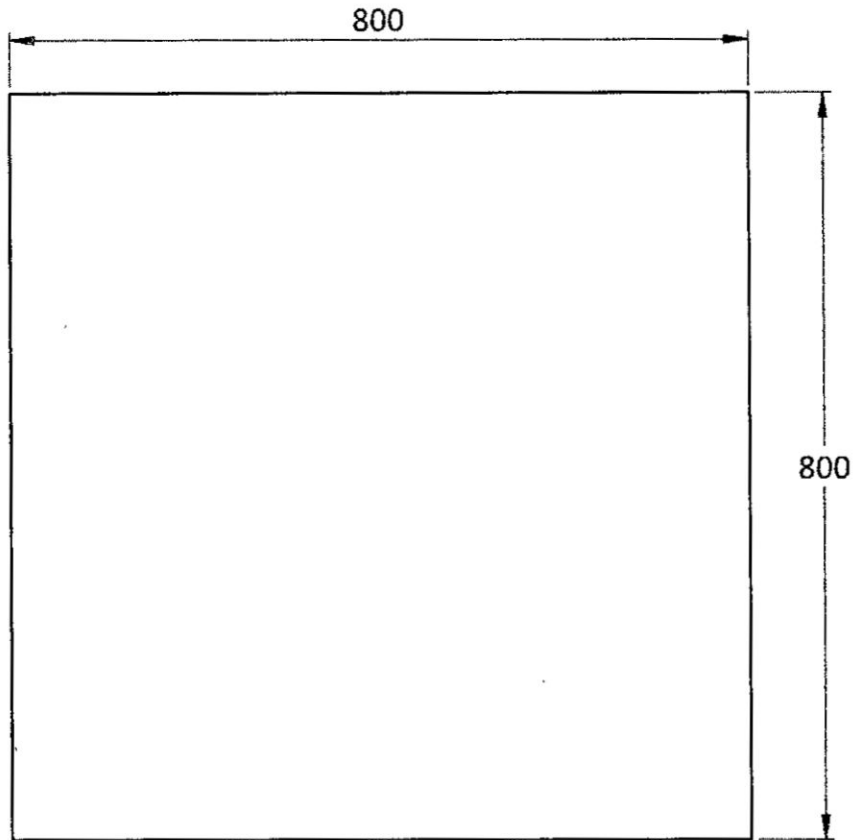


**VISTA FRONTAL
ESCALA 1 : 5**

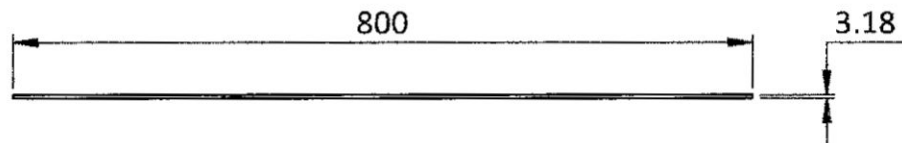


**VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 5**

| | | | | |
|------------------|----------------|--------------|----------------------------------|----------|
| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: | |
| UJ. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L | |
| IF. | A. SEA | 09/06/18 | NOMBRE: | |
| OB. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | SOPORTE_04 | |
| MATERIAL: | ASTM A36 Acero | | N.º DE PLANO | |
| | | | P-011 | |
| POSO: | 5.87 Kg | | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 | |



**VISTA FRONTAL
ESCALA 1 : 8**



**VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 8**

| | NOMBRE | FECHA | PROYECTO: |
|-------|----------------|----------|----------------------------------|
| -J.J. | A. SEA | 09/06/18 | UNIDAD GASIFICADORA TLUD DE 200L |
| -I.F. | A. SEA | 09/06/18 | |
| -O.B. | ING. PALOMINO | 09/06/18 | |
| | ASTM A36 Acero | | N.º DE PLANO P-012 |
| Peso: | 15.95 Kg | ESCALA: | INDICADO |
| | | | HOJA 1 DE 1 |