

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE
FILTROS DE CARBONO ACTIVADO A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE CACAO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR: Cortez, José

Limpio, Deiby

TUTOR Villanueva, Alirio

Caracas, Julio de 2013

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE FILTROS DE
CARBONO ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CACAO”**

Realizado por: Deiby Limpio
José L. Cortéz R.
Tutor: Ing. Alirio Villanueva

SINOPSIS

El siguiente Trabajo Especial de Grado consistió en la elaboración del diseño de una planta para la producción de filtros de carbón activado a partir de la cáscara de cacao, estableciendo una alternativa innovadora para la utilización de este desecho industrial que además de reducir el impacto ambiental que esto genera atiende al planteamiento realizado por el grupo de investigación Ucab Consulting en el año 2008 luego de analizar distintas aplicaciones que podían generarse con la cáscara de cacao.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron pruebas experimentales que verificaron la obtención de carbón activo a partir de la cáscara de cacao mediante la activación química, de esta manera se establecieron los requerimientos de espacio y maquinarias necesarias para el funcionamiento de la planta, se caracterizaron las actividades primarias y de apoyo, los insumos necesarios y se generaron planes de distribución alternativos para luego seleccionar el mejor de ellos. Las dimensiones y capacidad técnica de la misma se calcularon a partir de datos de producción de cáscara de cacao de la empresa Cacao Real, C.A, determinándose además que el tipo de filtros a fabricar son los de agua. Por último se realizó una evaluación económica para determinar la factibilidad del proyecto.

Palabras Claves: Diseño de Planta, Filtros de Carbón Activado, Cáscara de Cacao, Pruebas Experimentales, Activación Química.

Índice General

SINOPSIS	ii
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
I.1 Planteamiento del problema	1
I.2. Objetivos.....	2
I.2.1. Objetivo General	2
I.2.2. Objetivos Específicos	2
I.3. Alcance	2
I.4. Limitaciones.....	3
I.5. Antecedentes.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
II.1 Cacao en Venezuela	5
II.1.1 Propiedades de la cáscara de cacao.....	6
II.2 Carbón activado.....	7
II.2.1 Preparación del carbón activado	8
II.2.2 Tipos de carbón activado	11
II.2.3 Algunos usos del carbón activado	12
II.2.4 Filtros de carbón activado	13
II.3 Adsorción.....	13
II.3.1 Isotermas de adsorción	14
II.4 Definición de materia prima e insumos.....	14
II.4.1 Materia prima	14
II.4.2 Insumos.....	15
II.5 Actividades primarias y de apoyo	15
II.6 Distribución en planta	16
II.6.1 Planes de distribución en planta.....	17
II.7 Requerimientos de espacio	17

II.7.1 Diagrama de Relaciones.....	17
II.7.2 Diagrama de Nodos	17
II.7.3 Grilla de Distribución.....	18
II.8 Residuos industriales	18
II.9 Tratamiento de aguas residuales industriales.....	18
II.9.1 Desmineralizadores	19
CAPÍTULO III: Marco Metodológico	22
III.1. Tipos de Investigación	22
III.2. Estructuración Metodológica.....	23
CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL	26
IV.1 Descripción de la Empresa.....	26
IV.1.1 Reseña Histórica	26
IV.1.2 Misión y Visión.....	26
IV.2 Caracterización de la materia prima	27
CAPÍTULO V: DISEÑO DE PROPUESTA	29
V.1 Actividades primarias y de apoyo	29
Proceso de obtención de carbón activado.....	29
V.2 Requerimientos de espacio	32
Maquinarias y Equipo necesario.....	36
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	40
VI.1 Aspectos Técnicos.....	40
VI.2 Evaluación económica.....	41
VI.2.1 Inversión inicial.....	42
VI.2.2 Precio de Venta.....	43
VI.2.3 Estructura del Flujo de Caja	43
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
VII.1 Conclusiones	48
VII.2 Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	55

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama del proceso de producción mediante Activación Física..	10
Figura 2 Diagrama del proceso de producción mediante Activación Química	11
Figura 3 Esquema general del proceso de obtención de carbón activado por activación química	29
Figura 4 Diagrama general de las maquinarias requeridas para obtención de carbón activo.....	30
Figura 5 Diagrama de Relaciones para la planta de filtros de carbón activo	33
Figura 6 Diagrama de Nodos	35
Figura 7 Grilla de distribución (Opción 2).....	36
Figura 8 Diagrama de distribución de maquinarias del Área de Producción.	41
Figura 9 Cáscara de cacao en su estado inicial.....	57
Figura 10 Cáscara de cacao luego de ser triturada con un molino	57
Figura 11 Peso de una de las muestras de cáscara de cacao en la balanza monoplato	58
Figura 12 Muestras en mufla a 180°C	59
Figura 13 Muestras en la mufla a 482°C.....	60
Figura 14 Muestras luego de extraerlas de la mufla	60
Figura 15 Lavado de las muestras con un agitador magnético.....	61
Figura 16 Uso del embudo Büchner para el filtrado de la muestras	61
Figura 17 Muestras luego del filtrado.....	62
Figura 18 Madre de 100 ppm de azul de metileno en agua.....	62
Figura 19 Muestra de 0.2012 de carbón activo.....	63
Figura 20 Medición de la absorbancia	65
Figura 21 Medición de azul de metileno por cada muestra de compuestos .	67
Figura 22 Muestras de solución con gramos de carbón activo	69
Figura 23 Filtrado de las muestras.....	70
Figura 24 Diagrama de maquinarias y capacidad teórica de propuesta de expansión	98
Figura 25 Opción 1 del diagrama de nodos para la planta	101
Figura 26 Opción 1 de la grilla de distribución para la planta	101
Figura 27 Opción 2 del diagrama de nodos para la planta	102
Figura 28 Opción 2 de la grilla de distribución para la planta	103

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Curva de absorción.....	67
Gráfico 2 Curva de calibración	73
Gráfico 3 Isotermas de absorción para cada compuesto	75
Gráfico 4 Gráfico de concentración final (Cf/q) vs Cf	77

Índice de Tablas

Tabla 1 Valores de las propiedades de la cascarilla de cacao	6
Tabla 2 Datos de la producción de la empresa Cacao Real,C.A.....	27
Tabla 3 Estimación de cantidad de cascarilla disponible	27
Tabla 4 Proceso de la Planta de carbón activo	31
Tabla 5 Requerimientos de espacio por área.....	33
Tabla 6 Código de cercanía del diagrama de relaciones	34
Tabla 7 Resumen del diagrama de relaciones de la planta de filtros de carbón activo.....	34
Tabla 8 Código de razones utilizado para el diseño de la planta	34
Tabla 9 Código y cantidad de grillas requeridas por área	35
Tabla 10 Equipos necesarios y Especificaciones.....	37
Tabla 11 Aspectos Técnicos de la planta.....	40
Tabla 12 Inversión de Maquinarias	42
Tabla 13 Flujo de Caja	44
Tabla 14 VPN del proyecto, valores de TRAM y TIR	44
Tabla 15 Flujo de Caja para un 50% de ingresos por ventas	45
Tabla 16 VPN, TIR y TRAM para un 50% de ingresos por ventas.....	45
Tabla 17 Flujo de caja con ingresos del 10% de producción	45
Tabla 18 VPN, TRAM y TIR con un ingreso del 10% de la producción.....	46
Tabla 19 Peso de las 4 muestras de cáscara de cacao	58
Tabla 20 Activadores y cantidades usadas	59
Tabla 21 Peso de carbón activo por compuesto activador.....	64
Tabla 22 Datos para curva de absorción.....	65
Tabla 23 Cantidades de solución y transmitancia inicial	68
Tabla 24 gramos de carbón activado en solución	69
Tabla 25 Transmitancia final con mezcla filtrada.....	71
Tabla 26 Absorbancia inicial y final de las soluciones.....	72

Tabla 27 Concentración final de las soluciones	74
Tabla 28 Cantidad adsorbida por gramo de carbón	76
Tabla 29 Rendimiento obtenido con cada compuesto	77
Tabla 30 Área superficial, precios de los compuestos	78
Tabla 31 Justificación de espacios por área	79
Tabla 32 Maquinarias para propuesta de expansión	97
Tabla 33 Capacidad teórica de la planta con la propuesta de expansión	98
Tabla 34 Cotización de Maquinarias	99
Tabla 35 Valores numéricos de relación entre áreas	100
Tabla 36 Matriz de eficiencia de la opción 1	102
Tabla 37 Matriz de eficiencia de la opción 2	103

Índice de Anexos

_Toc357540369

Anexo A: Experimentos realizados con la cáscara de cacao para la obtención de carbón activado	56
Anexo B: Justificación de espacios por área	79
Anexo C: Fichas de Distribución de Maquinarias	82
Anexo D: Propuesta de expansión y adaptabilidad para distribución de maquinarias dentro del Área de Producción	97
Anexo E: Cotización de Maquinarias	99
Anexo F: Diagrama de Nodos, Grilla de Distribución	100
Anexo G: Layout de la planta de filtros de carbón activo a partir de la cáscara de cacao	104

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cacao representa un de los productos agroalimentarios de mayor penetración en el mercado nacional e internacional, situación derivada del alto valor agregado promocionado por la industria del chocolate y sus derivados. En la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente la semilla, representando un 10% de pérdidas por cascarilla.

Esta circunstancia se ha traducido en serios problemas ambientales tales como la aparición de olores fétidos y deterioro del paisaje, los desechos generados por la cáscara además se considera un foco para la propagación de bacterias que son causa de pérdidas económicas de la actividad cacaotera.

El carbón activo puede ser producido a partir de una gran variedad de materias primas como carbón mineral, madera, residuos vegetales, es por ello que se plantea en este proyecto la realización del diseño de una planta donde su materia prima sea la cáscara de cacao para la obtención de carbón activado.

Son innumerables los usos hoy en día del carbón activado, en especial en filtros de aire y agua, durante los procesos industriales es importante el tratamiento de aguas residuales, y en muchos de ellos se utilizan filtros de carbón activado, por lo que el producto final de la planta aquí presentada está orientado a los filtros de este tipo.

El presente Trabajo Especial de Grado muestra el diseño de una planta para la elaboración de filtros a partir de la cáscara de cacao. Este se divide en un total de siete capítulos, los cuales se describirán brevemente a continuación:

El **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**, hace referencia a la situación actual de los desperdicios por cáscara de cacao, y el impacto ambiental que esto genera, se presentan los objetivos generales y específicos del trabajo especial, así como el alcance y las limitaciones.

En el **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**, son definidos todos aquellos aspectos teóricos relacionados con el carbón activado, y los conceptos relacionados con el diseño de plantas que sustentaron el estudio y las herramientas utilizadas para desarrollar el mismo.

El **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**, plantea la metodología que se aplicó en forma estructurada y secuencial, para una correcta ejecución del trabajo especial.

En el **CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL**, se señala la situación actual en Venezuela del procesamiento del Cacao y se establecen valores referenciales de una empresa para poder caracterizar la materia prima de la planta.

En el **CAPÍTULO V: DISEÑO DE PROPUESTA**, se realiza la elaboración de pruebas experimentales con la cáscara de cacao, se determinan las maquinarias necesarias para su procesamiento a nivel industrial así como los requerimientos y distribución de espacios.

El **CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA**, hace el planteamiento de los costos de inversión a los que se llegaría a incurrir en el caso de la implementación de la planta, así como la evaluación de la rentabilidad del proyecto.

Por último el **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**, cubre en forma breve todos los aspectos recolectados de la finalización de cada capítulo y las recomendaciones generadas a partir de estos.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

El presente capítulo establece las bases fundamentales del trabajo, especificando el problema y sus características, determinando los alcances y posibles limitaciones, dejando claro los objetivos y dirección del presente trabajo, así como los antecedentes relacionados con el tema del proyecto que sirvieron además como fundamento teórico.

I.1 Planteamiento del problema

En Venezuela el cacao representa uno de los productos agroalimentarios de mayor penetración en los mercados nacionales e internacionales debido a su importancia en la industria chocolatera, que le genera una alta valoración económica a dicho fruto.

Si bien el cacao es una fruta de gran importancia para la obtención de diferentes productos, no hay que dejar a un lado el hecho de que solo se usa su semilla para la elaboración de los mismos, siendo esta el 90 % del fruto total, produciendo cerca de un 10 % de desechos en cáscaras del fruto.

Actualmente en el país no hay un aprovechamiento de su principal desecho, generando problemas ambientales tales como la aparición de olores fétidos, deterioro del paisaje y enfermedades debido a la proliferación de insectos que se alojan por su forma ovalada cuando llueve.

Ahora bien, basándose en las necesidades de cumplir con el medio ambiente y la empresa, hay que enfocarse en el estudio realizado por la Universidad Católica Andrés Bello a través de UCAB CONSULTING en el año 2008, en el cual se analizaron las distintas aplicaciones que se podían generar a través de la cáscara de cacao donde se sugirió que la elaboración de filtros a través de estos desperdicios podría ser una de las más factibles.

Es por ello que se ha planteado la necesidad de diseñar una planta para el uso de la cáscara del cacao, la cual servirá para la creación de filtros de carbono activado que cumpla con los estándares ya establecidos, al mismo tiempo que permita una reducción en los materiales contaminantes y en los presupuestos de producción.

Hay que destacar que un filtro de carbono activado posee múltiples usos en diversas áreas, como en la purificación de aire, agua y gases. Un filtro de carbón activado debe ser reemplazado entre cada 2,800 y 3,750 litros de agua filtrada, lo cual es solo un referente pues la capacidad de filtración y vida del filtro dependerán de la calidad del agua que se filtra. Por lo que la única forma de saber si un filtro de carbón activado ha dejado de funcionar es hacer un análisis del agua resultante del filtro, pues ni el sabor u olor pueden ser un referente certero. Una vez que se ha saturado un filtro de carbón activado, el agua que pase por él, resultará más contaminada que si no se filtrara.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo General

Diseñar una planta para la producción de filtros de carbono activado a partir de la cáscara de cacao.

I.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las actividades primaria y de apoyo.
- Establecer las características del producto que se fabricará en la nueva planta.
- Caracterizar la materia prima e insumos.
- Determinar los requerimientos de espacio.
- Generar planes de distribución en planta alternativos.
- Seleccionar el mejor plan de distribución en planta.
- Evaluar la factibilidad económica de la producción de filtros de carbono en base a las cáscaras de cacao.

I.3. Alcance

Este Trabajo Especial de Grado está basado únicamente en el diseño de una planta para la producción de filtros de carbono en base a cáscaras de cacao, donde se realizan los requerimientos de espacio y los planes de distribución, por último se realiza una evaluación de factibilidad económica que tendría en caso de implementarse.

Con este proyecto se busca analizar la factibilidad de implementar una nueva área de trabajo para el uso de los desechos por cáscara de las empresas procesadoras de cacao.

Con la implementación del proyecto se cubre con un 20% de la producción de cascarilla de cacao total de la empresa Cacao Real, C.A. sin embargo, puede aumentar la capacidad de producción de la planta con un plan de expansión y adaptabilidad.

I.4. Limitaciones

El Trabajo Especial de Grado no pretende ni contempla la posterior implementación y ejecución del diseño de la planta, solo abarca el diseño conceptual y la realización de pruebas experimentales que verifiquen la obtención de carbón activo a partir de la cáscara de cacao.

No se contaron con recursos económicos para la realización del proyecto, el presupuesto y flujo de caja se basó en investigaciones en la web acerca de las maquinarias necesarias y estimaciones de costos y gastos.

La producción de cacao en la planta Cacao Real es de 5496 Tm / Año, siendo el 10% de la producción las cáscaras a utilizar para la elaboración de los filtros de carbono activado.

I.5. Antecedentes

En el 2009 se realizó un estudio en la UCAB, que tuvo por título “Evaluación de propiedades fisicoquímicas por análisis proximal y valor calórico como base para usos alternativos de la cascarilla de cacao como sub producto del procesamiento del cacao en grano”, realizado por Serruya, A.; Soledad, B. y Gutiérrez, José I.

En 2007 se realizó un estudio en la Universidad Azcapotzalco de México (UAM), con el título “Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco”, realizado por Donaciano L., González A., Gordon M., Martín M.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Definido el enfoque y los objetivos del proyecto, a continuación se presentan los aspectos teóricos que le dan soporte, definiendo en primer lugar algunas características del cacao en Venezuela, seguido de las propiedades, preparación, usos del carbón activado, luego se definen las bases teóricas acerca del diseño de plantas en cuanto a las actividades primarias y de apoyo así como los requerimientos de espacio y por último se revisan tratamientos de aguas residuales industriales, de esta manera se adquirieron los conocimientos que sostienen las bases del proyecto para alcanzar los objetivos planteados.

II.1 Cacao en Venezuela

El mejor Cacao del mundo (*Theobroma Cacao*) es el Cacao venezolano. Su reputación se remonta 500 años desde el tiempo de la conquista española. Las condiciones climáticas y geográficas del país lo hacen un hogar ideal para la producción de rubro.

Durante el siglo XVII, Venezuela llegó a ser el primer país productor de cacao en el mundo y a principios del siglo XIX este lugar fue ocupado por Brasil, Ecuador y Sao Tomé. A finales del XIX Ecuador ocupó el primer lugar y a inicios del XX fue compartido por Brasil, Ghana y Camerún. Posteriormente desde la década de los 70, Costa de Marfil se ha convertido en el primer país productor de cacao del mundo. Los cambios en la geografía mundial del cacao son de gran interés para los países productores de América, ya que después de ocupar la primera posición como región productora de cacao del mundo, pasó a ocupar la última.

Venezuela es un productor marginal de cacao, aporta el 0,64% de la producción mundial, el 1,21% de la superficie cultivada mundial y el 0,3% de la capacidad de molienda mundial. Actualmente la producción nacional de cacao es de 15.000 TN/año, con un rendimiento promedio de 240 k/ha, lo que representa la mitad del rendimiento promedio mundial. De esta producción el 69,4 % es comercializado en el mercado internacional, el 30% va a la Industria nacional y una cantidad insignificante es procesado por la industria artesanal. Todo el cacao que exporta Venezuela es considerado como cacao aromático de alta calidad.

Actualmente la producción nacional de cacao es de 15.000 tn/año, con un rendimiento promedio de 240 kg/ha, lo que representa la mitad del rendimiento promedio mundial. De esta producción el 69,4 % es comercializado en el mercado internacional, el 30% va a la Industria nacional y una cantidad insignificante es procesado por la industria artesanal. Todo el cacao que exporta Venezuela es considerado como cacao aromático de alta calidad.

La industria nacional cuenta con unas 18 Empresas, con una capacidad instalada de 1.765 tn/mes lo que representa unas 21.180 tn/año y sólo se utiliza el 20% de la capacidad industrial instalada. Según APROCAO, Asociación que comercializa el 99% del cacao utilizado por la Industria nacional, el cacao exportado F1 representa el 49% y el F2 el 51%. El valor agregado al cacao exportado es muy bajo y el volumen exportado es irregular siendo Venezuela un proveedor inconstante en relación a las cantidades y a los países de destino. (CorpoAndes, 2013)

II.1.1 Propiedades de la cáscara de cacao

Según un estudio de las propiedades fisicoquímicas realizadas por (Serruya, Soledad, & Gutiérrez, 2009) se obtuvieron las características que se muestran en la Tabla 1

Tabla 1 Valores de las propiedades de la cascarilla de cacao

Propiedad	Valor
%Humedad	11,40
%Cenizas	6,58
%Proteínas	8,59
%Fibra	12,14
%Grasa Cruda	9,93
%Carbohidratos	51,36
%Carbono Orgánico	10
T _{fusión} /°C	30-35

Propiedad	Valor
$T_{\text{humo}}/^{\circ}\text{C}$	190-220
Contenido Energético (ca/g)	4715

Fuente: (Serruya, Soledad, & Gutiérrez, 2009)

II.2 Carbón activado

El carbón activado, o carbón activo, es un material de carbón poroso. Un material carbonizado que se ha sometido, a reacción con gases oxidantes (como CO_2 o aire), o con vapor de agua; o bien a un tratamiento con adición de productos químicos como el H_3PO_4 , durante (o después) de un proceso de carbonización, con el objeto de aumentar su porosidad. Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activados que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros.

Tiene una superficie específica de 500 a 1500m²/g, la capacidad adsorbente del carbón activado es tal, que 1 gramo puede adsorber aproximadamente otro gramo de gases y líquidos. Químicamente está compuesto por carbono, oxígeno, hidrógeno y cenizas.

El carbón activado adsorbe:

- Contaminantes orgánicos:
 - Colores, olores y sabores desagradables
 - Volátiles
 - Insecticidas, pesticidas, plaguicidas, herbicidas, detergentes
 - Derivados del petróleo
 - Trihalometanos
 - Compuestos fenólicos
- Sustancias activas al azul de metileno
- Sustancias halogenadas (I, Cl, Br, H, F)

- Ozono residual
- Metales pesados (plomo, mercurio)
- Gases
- Turbiedad
- Materia disuelta

II.2.1 Preparación del carbón activado

Como materia para la fabricación del carbón activado sirve cualquier sustancia que contenga carbono: madera, turba, aceites, cáscaras y huesos de frutas, etc. Existen dos métodos principales de obtención de carbones activos: la activación física y la activación química; el objetivo de ambas técnicas es incrementar el número de poros o ensanchar su tamaño, de forma que el carbón obtenido (carbón activado) presente una alta capacidad de adsorción. Ambos procesos incluyen la carbonización y la activación

II.2.1.1. Carbonización

El proceso de calentamiento de materiales orgánicos en ausencia de aire se denomina pirólisis o carbonización. Por lo general se utiliza el término pirólisis cuando dicho proceso se enfoca a la obtención de los gases y aceites que se producen y carbonización cuando (como en el caso del carbón vegetal) el proceso se dirige hacia la obtención del producto sólido resultante (carbonizado). Durante carbonización de la madera se producen una serie de cambios químicos y pueden distinguirse tres fases claramente diferenciadas. En una primera etapa hasta alcanzar los 170 °C se produce fundamentalmente la deshidratación de la madera y la destilación de algunos aceites esenciales; unido todo ello a una pequeña degradación de la madera. Hasta los 270 °C hay un abundante desprendimiento de gases (CO₂ y CO principalmente) y de líquidos acuosos. En la última etapa hasta alcanzar la temperatura final en torno a los 600 °C, donde se produce la pirólisis o carbonización, propiamente dichas, el desprendimiento de sustancias volátiles es máximo. El residuo sólido resultante es el carbón vegetal.

El rendimiento en carbón del proceso puede variar dentro de límites muy amplios dependiendo del tipo de madera, de su contenido en agua y de las condiciones en que se haya operado en la carbonización (tiempo de calentamiento y temperatura alcanzada). Es deseable que el contenido en humedad de la madera sea lo más bajo posible y, en cualquier caso, no

superior al 15 - 20%. Dado que la madera fresca recién cortada contiene un 40 - 60% de agua se aconseja una desecación previa de la misma bien al aire, o por cualquier otro procedimiento. Si se parte de madera seca puede obtenerse un rendimiento entre el 25% y 33% de carbón vegetal.

En esencia para obtener carbón vegetal a partir de la madera lo que se hace es crear una barrera física que aísla la madera del exterior, para evitar que al calentarla el oxígeno del aire la incendie. De este modo se logra la carbonización. Las diferentes tecnologías que se utilizan se basan en las distintas formas de crear esta barrera física que puede ser de tierra, ladrillos, cemento armado y metal. En las distintas formas de secar y calentar la madera. Si el calor empleado está originado por la propia madera de la carga o por algún otro combustible que se separa de la carga de madera que va a ser carbonizada. En función de que el proceso de producción sea continuo o discontinuo. En los procesos continuos, el carbón se obtiene sin interrupción, frente a los procesos discontinuos en los que transcurren varios días entre una obtención de carbón y la siguiente obtención. Las tecnologías continuas y de alta producción, con sistemas de control más o menos sofisticados, se denominan industriales a diferencia de las artesanales como la parva tradicional que es un proceso discontinuo. (Menéndez, 2007)

II.2.1.2 Activación física

La materia prima se descompone térmicamente a 800-1000°C en ausencia de aire, eliminándose una gran cantidad de volátiles ricos en oxígeno, nitrógeno y carbono y quedando un residuo carbonoso, denominado carbonizado, con una porosidad rudimentaria y escasa capacidad adsorbente. En una segunda etapa (activación), el carbonizado reacciona parcialmente con un gas oxidante, generalmente vapor de agua a temperaturas del orden 800-950°C, donde se eliminan selectivamente átomos de carbono, creando una porosidad interna.

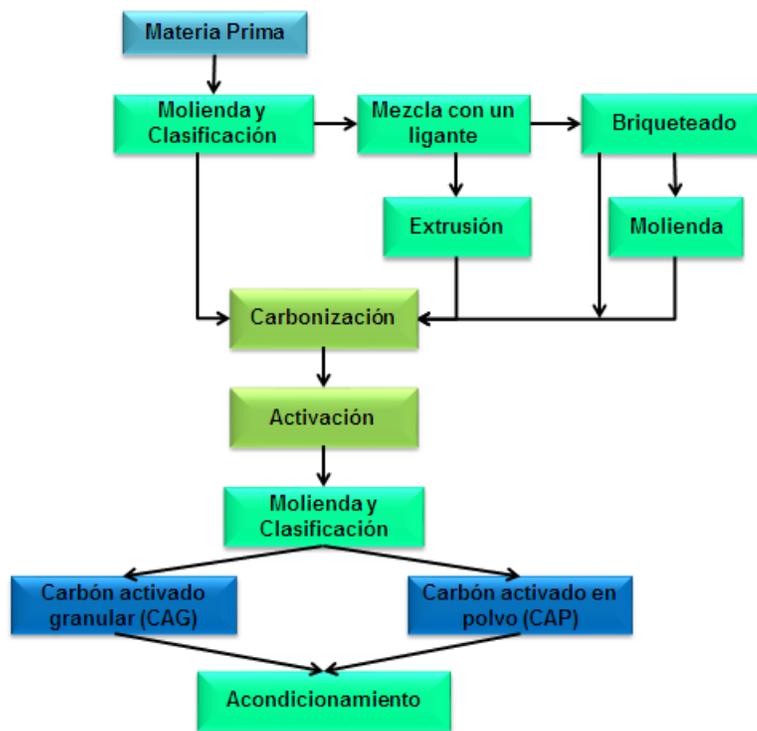


Figura 1 Diagrama del proceso de producción mediante Activación Física

Fuente: (Díaz & Fierro, 2007)

II.2.1.3 Activación química

La materia prima, de origen vegetal, se impregnan con una disolución concentrada de agentes químicos (generalmente el $ZnCl_2$ o H_3PO_4 y se amasa durante un tiempo: la posterior carbonización del impregnado a temperaturas alrededor de $500^\circ C$ conduce a un producto que, tras eliminar el agente activante por sucesivos lavados, tiene las propiedades de un buen carbón activado. La acción del agente químico consiste en la eliminación del agua de celulosa (producto básico de la materia prima), a la vez que restringe la eliminación de volátiles e impide parcialmente la concentración de la partícula al carbonizar, creando así el sistema poroso. (Rodríguez, 2003)



Figura 2 Diagrama del proceso de producción mediante Activación Química

Fuente: (Díaz & Fierro, 2007)

II.2.2 Tipos de carbón activado

Según la materia prima de la cual se obtuvo, el carbón activado puede ser vegetal o de hueso. El carbón de hueso tiene aproximadamente 10% de carbono, mientras que el vegetal hasta 98%.

Según su uso el carbón activado se puede dividir en:

- **Carbón activado para adsorber gases:** Sus poros son más pequeños que los del carbón para líquidos. Se usan como materias primas cáscaras de nueces, carbón y hulla principalmente.
- **Carbón activado para el tratamiento de líquidos:** Muchos carbones para gases no son efectivos para tratar ciertos líquidos. Los materiales menos densos son más apropiados para tratar líquidos.

Dependiendo si es sometido a un proceso de granulación o pulverización, el carbón activado se puede presentar como:

- **Carbón activado en polvo o PAC (*Powdered Activated Carbon*):** es un polvo fino negro. Se usa en la elaboración de medicamentos antidiarreicos y adsorbente intestinal
- **Carbón activado granular o GAC (*Granular Activated Carbon*):** En granos de hasta 2mm se usan en los filtros de columna o cama para el tratamiento de agua. Es un proceso más fácil, pero más caro que el del carbón activo en polvo. Actualmente el GAC gana importancia ante el PAC. (Ponce, 2009)

II.2.3 Algunos usos del carbón activado

Aeronáutica: En cabinas de pintura usada, se utilizan en sistemas de recuperación de solventes y de tratamiento de efluentes.

Agroindustria: En la purificación de jugos, remoción de cenizas del jarabe de maíz, purificación de azúcar de remolacha, decoloración de endulzantes. También en la remoción de pesticidas y herbicidas de corrientes de agua.

Automotriz: En la remoción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) del terminado de superficies durante las operaciones de formado de metal. En el tratamiento de soluciones desengrasantes y solventes.

Biotecnología: En la aplicación optimizada de enzimas y separaciones cromatográficas.

Medicina: es utilizado como agente adsorbente para tratar envenenamientos y sobredosis por ingestión oral. Previene la absorción del veneno en el estómago, tratamiento de llagas, quemaduras, o heridas, con apósitos de carbón activado impregnado con plata.

Militar: En el tratamiento de emisiones de pintura de vehículos navales y militares; en la purificación de aguas superficiales.

Química: En la purificación, decoloración, separación, recuperación y catálisis. (Carbotecnia, 2013)

II.2.4 Filtros de carbón activado

Los filtros con carbón activado se utilizan generalmente en la purificación de aire, agua y gases, para quitar vapores de aceite, sabores, olores y otros hidrocarburos del aire y de gases comprimidos. Los diseños más comunes utilizan filtros de una o de dos etapas, donde el carbón activado se introduce como medio filtrante. También tiene uso para purificación del agua de lluvias en zonas donde esta es usada para usos domésticos.

Los filtros con partículas más pequeñas de carbón activado tienen generalmente una mejor tasa de adsorción. Por otro lado, la acidez y temperatura del agua a filtrar influyen en el desempeño del filtro de carbón activado. A mayor acidez y menor temperatura del agua, el desempeño de los filtros de carbón activado mejora. El asbesto no puede ser eliminado del agua a través de un filtro de carbón activado.

Un filtro de carbón activado debe ser reemplazado entre cada 2,800 y 3,750 litros de agua filtrada, lo cual es solo un referente pues la capacidad de filtración y vida del filtro dependerán de la calidad del agua que se filtra. El tamaño del poro del carbón activado y el tamaño de las partículas a filtrar también influyen en la vida y capacidad de filtración del filtro de carbón activado. Por lo que la única forma de saber si un filtro de carbón activado ha dejado de funcionar es hacer un análisis del agua resultante del filtro, pues ni el sabor u olor pueden ser un referente certero. Una vez que se ha saturado un filtro de carbón activado, el agua que pase por él, resultará más contaminada que si no se filtrara.

Los filtros de carbón activado que son colocados al final del grifo tienen un desempeño inferior respecto a los que son colocados debajo del lavabo o tarja debido al poco volumen de carbón activado que contienen. Asimismo se recomienda reemplazar los filtros de carbón de activado a una tasa del doble de lo que recomiendan los fabricantes. (Carbotecnia, 2013)

II.3 Adsorción

La adsorción es un proceso donde un sólido se utiliza para eliminar de forma individual los componentes de una mezcla gaseosa o líquida. El componente a separar se liga de forma física o química a una superficie sólida, el componente eliminado por adsorción de una mezcla gaseosa o líquida puede ser el producto deseado, pero también una impureza, como por ejemplo de la depuración de gases residuales.

El sólido recibe el nombre de adsorbente, y el componente que se adsorbe en él se denomina adsorbato. El adsorbente se debería ligar, en lo posible, sólo a un adsorbato, y no los demás componentes de la mezcla a separar.

El adsorbente debe tener una gran superficie específica (gran porosidad) y tener una buena capacidad de regeneración, la adsorción se favorece por temperaturas bajas y presiones altas, mientras que para la regeneración, es decir, para la desorción, se emplean temperaturas altas y presiones bajas, como por ejemplo vapor de agua o un gas inerte caliente. (GuntHamburg, 2012)

II.3.1 Isotermas de adsorción

Una isoterma de adsorción describe el equilibrio de la adsorción de un material en una superficie (de modo más general sobre una superficie límite) a temperatura constante. Representa la cantidad de material unido a la superficie (el adsorbato) como una función del material presente en la fase gas o en la disolución. Se obtienen a partir de datos de medida por medio de análisis de regresión.

Las isotermas más frecuentemente usadas son:

- Isoterma lineal
- Isoterma de Freundlich
- Isoterma de Langmuir

II.4 Definición de materia prima e insumos

II.4.1 Materia prima

La materia prima está constituida por los recursos naturales que utiliza la industria en su proceso productivo para ser transformados en producto semielaborado, en bienes de equipo o de consumo, se clasifican según su origen, orgánico, inorgánico o químico.

II.1.1.1 Origen orgánico: procedentes de las actividades del sector primario (agricultura, ganadería, pesca o sector forestal, y puede diferenciarse según su procedencia entre materias primas de origen animal o vegetal.

II.1.1.2 Origen Inorgánico o mineral: proceden de la explotación de los recursos mineros, siendo la base de las industrias pesadas y de base (metalurgia, siderurgia, químicas, construcción, etc.). Su distribución es irregular sobre la corteza terrestre, existiendo minerales muy abundantes y otros que son más escasos.

II.1.1.3 Origen químico: se puede incluir como tercer tipo de materia prima a un grupo de materiales que no proceden directamente de la naturaleza sino que se obtienen artificialmente por procedimientos químicos, pero que sirven de base para otras muchas industrias, tales como los plásticos, o las fibras sintéticas.

Al igual que las fuentes de energía, no todas las materias primas son inagotables, es decir, su consumo tiene un límite, pues éstas no se reproducen, estas materias primas finitas se denominan no renovables, por ejemplo las de origen inorgánico. Por el contrario, las de origen animal y vegetal se pueden considerar como materias primas renovables, ya que se reproducen, y su consumo no significa el fin del recurso, sino que habrá otros animales y plantas que los sustituyan. (Ficus, 2012)

II.4.2 Insumos

El término insumo se utiliza para hacer referencia a todos aquellos implementos que sirven para un determinado fin, hay diferentes tipos de insumos que pueden ser útiles en diferentes tipos de situaciones o actividades. Los insumos son la parte esencial de todo proceso productivo, y existen varios factores que pueden determinar su precio por la escasez de los mismos en determinadas regiones, etc. (ABC, 2012)

II.5 Actividades primarias y de apoyo

Las actividades de valor pueden dividirse en dos amplios tipos: actividades primarias y actividades de apoyo. Las primarias (logística interna, operaciones, logística externa, mercadotecnia y ventas, servicio) son las actividades implicadas en la creación física del producto y su venta y transferencia al comprador, y la asistencia posterior a la venta. Las actividades primarias pueden dividirse en cinco categorías genéricas: logística interna, operaciones, logística externa, mercadotecnia y ventas, servicio.

Las actividades de apoyo sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y varias funciones de toda la empresa. Estos son: infraestructura de la empresa, administración de recursos humanos, desarrollo tecnológico, abastecimiento, etc. La infraestructura de la empresa no está asociada con actividades primarias particulares, sino que apoya a la cadena entera. La combinación entre las actividades de valor desempeñadas y su economía determinará si una empresa tiene un costo alto o bajo en relación con sus competidores. También determinará su contribución a las necesidades del comprador y por lo mismo a la diferenciación. El comparar las cadenas de valor de los competidores expone diferencias que determinan la ventaja competitiva. (Noto, 2008)

II.6 Distribución en planta

Por distribución en planta se entiende el arreglo físico de máquinas, equipos para la producción y manejo de materiales, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración; el objetivo principal de la distribución en planta es lograr ordenar los elementos que la conforman de una manera eficiente, económica, segura y satisfactoria para los empleados obteniendo como resultado los siguientes aspectos:

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Incremento de la producción.
- Disminución de los retrasos de la producción/
- Ahorro de área ocupada (áreas de producción, de almacenamiento y de servicio).
- Reducción del material e proceso.
- Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
- Logro de una más fácil y mejor supervisión
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones

Entre otros.

(Matthew, 2006)

II.6.1 Planes de distribución en planta

Por distribución en planta se entiende: *“El arreglo físico de máquinas, equipos para la producción y manejo de materiales, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración”*

El objetivo principal de los planes de distribución en planta es lograr ordenar los elementos que la conforman de una manera eficiente, económica, segura y satisfactoria para los empleados. (Stephens, 2006)

II.7 Requerimientos de espacio

“El espacio tiene atributos de cantidad (área), clase (las características físicas necesarias) y cualquier forma o configuración obligatoria necesaria.” Para realizar los cálculos correspondientes a este punto se aplicó el siguiente método:

Método de cálculo: suele ser el más exacto y consiste en determinar la cantidad, clase y formas de cada elemento espacial o pieza de equipo, sacar el total junto con cualquier espacio de que no se pueda obtener la proporción, para llegar a los requerimientos generales. Incluye las áreas de trabajo de los operarios, las áreas de mantenimiento y las áreas de descarga de materiales. (Hodson, 1996)

II.7.1 Diagrama de Relaciones

El diagrama de la relación de actividades, al que también se le da el nombre de diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área, se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación. Como persona nueva o consultor externo, necesita hablar con muchas personas a fin de determinar dichos códigos, y una vez establecidos, se determina casi todo el acomodo de los departamentos, oficinas y áreas de servicio.

II.7.2 Diagrama de Nodos

En este diagrama se muestran las áreas de la planta y su distribución, en donde se utiliza un código de líneas que indican la importancia de la cercanía entre un área y otra.

II.7.3 Grilla de Distribución

Es un esquema con cuadrículas en donde se disponen los diferentes sectores de una planta de acuerdo a los requerimientos de espacio, y así disponerlos de la mejor manera posible y poder evaluar la eficiencia de tal distribución. (Hodson, 1996)

II.8 Residuos industriales

Son aquellos productos generados en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, en el contexto que son producidos, ningún valor económico, lo que puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados. Un producto considerado como residuo en un momento podría serlo, pero en otro momento determinado no.

El tratamiento de los mismos, lo que hace en ocasiones, es trasladar la contaminación de un medio a otro.

La clase de residuos producido depende del tipo de industria de origen; una vez estudiada su naturaleza, se debe elegir un tratamiento adecuado. (Barca, 2011)

II.9 Tratamiento de aguas residuales industriales

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien se lleva realizando desde la antigüedad, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales, y son las que, de una forma rápida, se pretenden exponer en el presente capítulo.

A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales no resulta fácil establecer una clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en función de los contaminantes presentes en el agua residual, o también en función del fundamento del tratamiento (químico, físico o biológico). Una forma de intentar aunar ambas formas de clasificación puede ser considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta. (Rodríguez, García, & Rosal)

II.9.1 Desmineralizadores

Los desmineralizadores por intercambio iónico se basan en la eliminación de la totalidad de las sales disueltas en el agua o de algún elemento específico. Estos equipos están constituidos principalmente por dos tipos de resinas, catiónicas y aniónicas, que pueden ser base fuerte o débil en función de la calidad del agua a obtener y de los contaminantes que se quieran eliminar.

Una vez que las resinas han agotado su capacidad de intercambio iónico, es necesario regenerarlas para que vuelvan a recuperar sus propiedades. Se tiende a alargar el máximo posible los ciclos para espaciar las regeneraciones, minimizando así los residuos generados.

También existen los desmineralizadores de lechos mixtos constituidos generalmente por una mezcla de resinas aniónicas y catiónicas fuertes, proporcionando una mayor eliminación de iones. Se utilizan cuando se precisa un agua de características especiales con una eliminación de iones superior a lo habitual.

La tendencia actual es emplear estas instalaciones de desmineralización como proceso de afine tras una ósmosis inversa, en función de la calidad del agua a tratar.

Tipos de Resinas

- **Resinas catiónicas de ácido fuerte:** derivan su funcionalidad de los grupos ácidos sulfónicos. Estos intercambiadores catiónicos de ácido fuerte funcionan a cualquier nivel de pH, dividen todas las sales, y requieren una cantidad sustancial de regenerante. Esta es la resina que se escoge para casi todas las aplicaciones de suavizado y como primera unidad en un desmineralizador de dos lechos, o como componente catiónico de un lecho mixto.
- **Resinas catiónicas de ácido débil:** Las resinas catiónicas débilmente ácidas contienen grupos carboxílicos como sitios de intercambio. La resina es altamente eficiente, ya que es regenerada con casi 100% de la cantidad estequiométrica de ácido, comparado con el 200% a 300% requerido para los cationes de ácido fuerte. La resina catiónica de ácido

débil es regenerada con el ácido de desecho de la unidad de ácido fuerte, proporcionando un arreglo muy económico.

- **Resinas aniónicas de base fuerte:** Las resinas aniónicas de basicidad fuerte derivan su funcionalidad de los sitios de intercambio de amonio cuaternario. Los dos grupos principales de resinas aniónicas de base fuerte son las de Tipo 1 y Tipo 2, dependiendo del tipo de amina que se utiliza durante el proceso de activación química. Químicamente, los dos tipos difieren en el tipo de especie de sitios de intercambio de amonio cuaternario que exhiben: los sitios de Tipo 1 tienen tres grupos de metilo; en los de Tipo 2, un grupo de etanol reemplaza a uno de los grupos de metilo.
- **Resinas aniónicas de base débil:** Las resinas aniónicas de basicidad débil contienen el grupo funcional de poliamina, que actúa como adsorbedor de ácido, eliminando los ácidos fuertes de la corriente del efluente de cationes. El paso de regeneración es esencialmente una neutralización de los ácidos fuertes que son recolectados en la resina y puede usar desechos cáusticos de una unidad aniónica de base sólida para realzar la economía. Las resinas aniónicas débiles deben ser usadas en aguas con niveles elevados de sulfatos o cloruros, o donde no se requiera la eliminación de la alcalinidad y del silicio. (Rodríguez, García, & Rosal)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se especifica el estudio analítico del tipo de investigación, así como las técnicas e instrumentos de recolección de información. Se presenta la descripción de cada una de las fases que se realizarán a lo largo de toda la investigación.

III.1. Tipos de Investigación

Para elaborar una propuesta factible de diseño que aporte una solución práctica al problema planteado, tomando en cuenta el alcance y los objetivos propuestos en este trabajo, se lleva a cabo una investigación de tipo proyectiva, ya que en ella se planteó el diseño de una planta de filtros de carbono activado a partir de la cáscara de cacao

Según (Hurtado , 2010), una investigación de tipo proyectiva:

“consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generaciones involucrados y las tendencias futuras”

Para la recolección de los datos referentes a la medición de la maquinaria, equipos y puestos de trabajo se tomaron referencias de presupuestos en la web, y para el método de obtención de carbón activado a partir de la cáscara de cacao se emplearon procedimientos realizados en otras materias vegetales.

III.2. Estructuración Metodológica

La estructuración de la Metodología fundamentalmente se desarrollará en 3 etapas las cuales se encuentran vinculadas directamente a cada uno de los objetivos específico planteados en el **Capítulo I** y cuya vinculación se explica en la tabla a continuación. Las etapas son las siguientes:

Fase		Objetivos	Actividades	Herramientas
1	Descripción de la situación actual	1. Establecer las características del producto que se fabricará en la nueva planta.	1. Consulta de datos de producción de la empresa.	1. Entrevistas no estructuradas
		2. Caracterizar la materia prima e insumos	2. Investigación documental	2. Consultas bibliográficas en libros y web
2	Diseño de la propuesta	3. Caracterizar las actividades primaria y de apoyo.	1. Diseño experimental	1. Montaje de experimentos con la cáscara de cacao para obtención de carbón activado. 2. Gráficas y esquemas que caractericen el proceso de obtención de carbón activado.
		4. Determinar los requerimientos de espacio.	1. Diseño de instalaciones	1. Diagrama de relaciones, nodos y grilla de distribución.
		5. Generar planes de distribución en planta alternativos.		2. Determinar las maquinarias y equipos necesarios que componen la planta.
		6. Seleccionar el mejor plan de distribución en planta		3. Realización de bocetos explicativos.

Fase		Objetivos	Actividades	Herramientas
3	Evaluación de factibilidad económica	7. Evaluar la factibilidad económica de la producción de filtros de carbono en base a las cáscaras de cacao.	1. Investigación de presupuestos de las maquinarias y equipos necesarios para la planta.	1. Consulta de presupuestos en la web. 2. Aplicación de criterios del Valor Presente Neto y Beneficio-Costo.
4	Elaboración de conclusiones y recomendaciones			

CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL

Para elaborar un diseño de una planta para la producción de filtros de carbón activado a partir de la cáscara de cacao, se tomaron como parámetros base los datos de producción de una empresa de cacao (Cacao Real C.A) ubicada en Guarenas, Estado Miranda, en este capítulo se presenta una descripción de la empresa y el análisis de los datos correspondientes.

IV.1 Descripción de la Empresa

Se trata de una industria Venezolana que contribuye con el progreso de las comunidades cacaoteras mediante programas para el incremento de su productividad, planes sociales que mejoren su calidad de vida y estrategias orientadas a una actividad más consciente de las necesidades sociales y ambientales a nivel Mundial.

IV.1.1 Reseña Histórica

Cacao Real, C.A nace en 2006 con el principal objetivo de liderar el mercado doméstico de productos derivados del procesamiento del cacao (Manteca, licor y polvo de cacao).

Es el producto de la iniciativa de un grupo familiar empresarial que con el objetivo de dar la importancia que tiene el Cacao Venezolano tanto para el mundo como para desarrollarlo internamente, se enfocan en gestar un proyecto Universitario en el año 2004; este contó con la participación de las principales Universidades del país (UCV, Simón Bolívar y Católica), contando a partir de allí con 12 profesionales universitarios que fueron instruidos en Alemania y Holanda para así poder contar con las herramientas necesarias para la construcción adecuada de la nave industrial y de la instalación de la maquinaria.

La planta Cacao Real, con 12.000 metros cuadrados de construcción, es la más moderna de Latinoamérica con tecnología de punta proveniente de Holanda y Alemania.

IV.1.2 Misión y Visión

Consolidarse y mantenerse como una empresa líder en el procesamiento del cacao venezolano, dentro y fuera del país garantizado el

abastecimiento de los más grandes mercados con el fin de obtener una sólida posición dentro de la economía venezolana

Asegurar la producción del Cacao Venezolano, para el uso comercial e industrial, generando puestos de trabajo y expansión de los productos finales que se obtienen de él. (Cacao Real, C.A, 2013)

IV.2 Caracterización de la materia prima

Según la empresa procesadora Cacao Real C.A. las cifras de producción mensual son las siguientes:

Tabla 2 Datos de la producción de la empresa Cacao Real,C.A

Producto o elemento	Valor
Granos de cacao procesados	152-458 Tm
Pérdidas por humedad	4.8%
Pérdidas por la cascarilla	11.7%
Pérdidas por piedras y materias extrañas	0.7%

Fuente: Cacao Real C.A, Reporte de Producción.
Elaboración Propia

De la Tabla 2 se puede obtener la cantidad de cascarilla de cacao es de un 11.7% de la producción mensual, resultando 53.586Tm aproximadamente.

Cabe destacar que la empresa vende esta cascarilla eventualmente, por lo que se plantearon diferentes escenarios en cuanto a cantidad de cascarilla disponible, sea del 100%, 50% o bien un 20%, determinándose así la cantidad semanal y diaria de cascarilla a trabajar, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Estimación de cantidad de cascarilla disponible

Producción mensual de cascarilla (Tm)	Porcentaje de utilización (%)	Producción mensual ajustada (Tm)	Producción semanal (Tm)	Producción diaria (Tm)
53,586	100	53,586	13,397	2,679
	50	26,793	6,698	1,340
	20	10,717	2,679	0,536
	Promedio	30	8	2

Fuente: Cacao Real C.A, Reporte de Producción.
Elaboración Propia

De estos valores se calculó un promedio, y se tomó como referencia para el diseño de la planta en cuanto a las capacidades de manejo de materia de las maquinarias involucradas y la distribución de los espacios dentro de la misma, un total de 10 Tm mensuales, cubriendo así el 20% de la cascarilla procesada por la empresa, sin embargo se reservan espacios dentro de la planificación para expansión y adaptabilidad.

Por otra parte, se tiene la información que la mayor cantidad de filtros requeridos por la empresa dentro de su proceso productivo son los filtros para agua, por lo que el producto final de la planta es este tipo.

CAPÍTULO V: DISEÑO DE PROPUESTA

Una vez caracterizada la situación actual, y reflejadas las cifras de materia prima aproximadas de trabajo, se procede en este capítulo a realizar la propuesta de diseño de la planta de filtros de carbón activado, definiendo en primer lugar las actividades primarias y de apoyo y luego los requerimientos de espacio de la misma, por ultimo

V.1 Actividades primarias y de apoyo

Para la caracterización de las actividades primarias y de apoyo, es necesario conocer en primer lugar los procesos que se siguen en la planta para la elaboración del producto, para ello es necesario explicar el método empleado para la obtención de carbón activo con la cáscara de cacao, en base a las investigaciones realizadas.

Proceso de obtención de carbón activado

En la Figura 3, se muestra un esquema general del proceso para la obtención de carbón activado por medio de la activación química para el diseño de la planta.



Figura 3 Esquema general del proceso de obtención de carbón activado por activación química

Fuente: (Carbotecnia, 2013).Elaboración Propia

De igual forma se muestra en la Figura 4, el Diagrama General de las maquinarias requeridas para la elaboración del carbón activado a partir de las cáscaras de cacao, en donde se presenta en primer lugar el silo de almacenamiento para las cáscaras de cacao procedentes de la empresa, seguidamente se trituran, se combinan con el activador con la ayuda de un mezclador químico, esta mezcla pasa al tratamiento térmico por una temperatura de 180°C durante una (1) hora y luego a una temperatura de 480°C durante una (1) hora igualmente, una vez culminado el tiempo se lava con agua destilada para eliminar los restos del ácido (estas aguas residuales

son tratadas por un sistema des-ionizante), y la materia resultante se dirige a un secador para eliminar la humedad, se almacena el carbón activo en un silo de almacenamiento, y por último se dirige a la máquina que construye el filtro para agua.

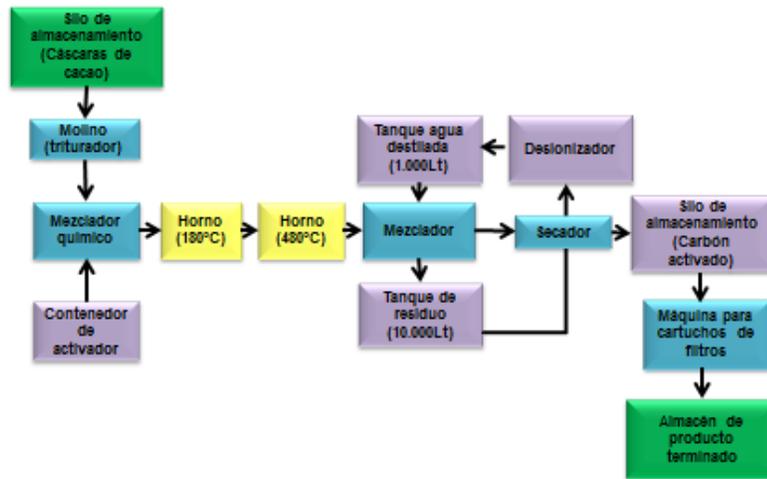


Figura 4 Diagrama general de las maquinarias requeridas para obtención de carbón activo

Fuente: (Carbotecnia, 2013).Elaboración propia

Es necesario destacar que se realizaron experimentos con cuatro ejemplos de activadores, verificando que efectivamente se obtiene carbón activo con la cascarilla de cacao con la aplicación del método antes mencionado. Los detalles de estos experimentos así como la selección del mejor activador se pueden observar en el Anexo A. Es importante destacar que por haber sido seleccionado el ácido fosfórico como activador químico, fue necesaria la introducción al diseño de la planta un sistema de tratamiento de aguas residuales que eliminara este tipo de elementos, tal como se explica y soporta en el Marco Teórico.

A continuación en la Tabla 4 se presentan las actividades primarias y de apoyo.

Tabla 4 Proceso de la Planta de carbón activo

Paso	Nombre de la Actividad	Descripción	Equipo Requerido
1 Actividad de apoyo	Almacenamiento de Materia Prima (Cáscaras de cacao)	Se realiza el almacenamiento de la cáscara de cacao procedente de la empresa.	Silo
2 Actividad Primaria	Trituración de la Materia Prima	Las cáscaras se trituran para un mejor resultado.	Molino Vertical
3 Actividad de apoyo	Almacenamiento de activador	Se almacena el ácido que se emplea en el tratamiento de la cascara	Tanque de almacenamiento
4 Actividad Primaria	Impregnación de la cáscara con el activador	Se encarga de impregnar las cascarillas con el activador	Mezclador químico
5 Actividad Primaria	Calentamiento de la mezcla	Se calienta la mezcla a 180°C y luego a 480°C para que el activador reaccione	Hornos
6 Actividad Primaria	Lavado y filtrado de la mezcla	Se lava y se filtra la mezcla con agua destilada para eliminar las impurezas y restos del activador.	Mezclador
7 Actividad de apoyo	Tratamiento de aguas residuales	Para evitar contaminaciones al ambiente se purifica el agua a la vez que se reutiliza en el proceso de lavado.	Sistema des-ionizante
8 Actividad Primaria	Secado de la materia	Se seca la mezcla para eliminar la humedad presente.	Secador rotatorio
9 Actividad Primaria	Almacenamiento del carbón activo	Se almacena el carbón activado en un silo para la siguiente etapa.	Silo

Paso	Nombre de la Actividad	Descripción	Equipo Requerido
10 Actividad Primaria	Elaboración de cartucho contenedor del carbón activo (filtro)	Se elabora cartuchos plásticos con el diseño del filtro, que contienen el carbón activado producido.	Máquina de elaboración de cartuchos para filtros
11 Actividad Primaria	Almacenamiento del producto final (filtro con carbón activo)	Finalmente se almacenan los filtros elaborados.	Almacén

Fuente: Elaboración propia

A partir de las actividades descritas, surgen las siguientes áreas para el desarrollo de los filtros de carbón activo:

- Área de Producción
- Área de Producto Terminado
- Oficinas
- Baños y vestidores
- Almacén de insumos
- Cuarto de mantenimiento
- Comedor

V.2 Requerimientos de espacio

Los requerimientos de espacio para cada una de las áreas fueron determinadas a partir de la distribución, tipo de equipos y maquinaria que en cada una se encontrarán, en los Anexos B y C se encontrarán la justificación de espacios y las Fichas de Distribución de Maquinarias respectivamente.

En la Tabla 5 se muestran los requerimientos de espacio totales por área:

Tabla 5 Requerimientos de espacio por área

Código	Área	Espacio Requerido (m ²)
1	Área de Producción	500
2	Área de Producto Terminado	1200
3	Oficinas	20
4	Baños y vestidores	10
5	Almacén de insumos	40
6	Cuarto de mantenimiento	20
7	Comedor	10
	Total	1800

Fuente: Elaboración propia

La relación existente entre las áreas mencionadas anteriormente se muestra en la Figura 5, mediante el diagrama de relaciones.

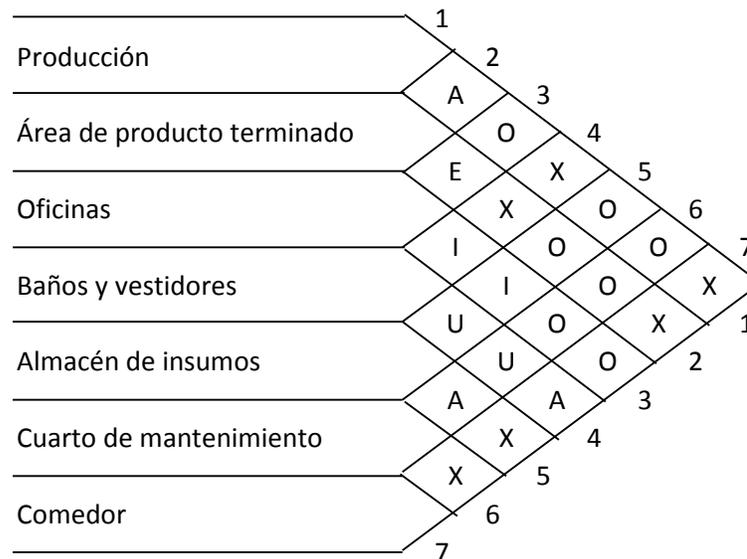


Figura 5 Diagrama de Relaciones para la planta de filtros de carbón activo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Código de cercanía del diagrama de relaciones

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Fuente: (Matthew, 2006)

En la Tabla 7, se muestra el resumen de la gráfica de relación de actividades, y luego se muestra el código de razones utilizado.

Tabla 7 Resumen del diagrama de relaciones de la planta de filtros de carbón activo

	1	2	3	4	5	6	7
1		A(1)	O(4)	X(3)	O(3)	O(3)	X(3)
2	A(1)		E(4)	X(3)	O(3)	O(3)	X(3)
3	O(4)	E(4)		I(2)	O(4)	O(4)	O(2)
4	X(3)	X(3)	I(2)		U(2)	U(2)	A(2)
5	O(3)	O(3)	O(4)	U(2)		A(3)	X(3)
6	O(3)	O(3)	O(4)	U(2)	A(3)		X(3)
7	X(3)	X(3)	O(2)	A(2)	X(3)	X(3)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Código de razones utilizado para el diseño de la planta

Código	Razón
1	Flujo de material alto
2	Movimiento de personal
3	Seguridad
4	Flujo de Información

Fuente: Elaboración propia

A partir de este diagrama, surge el diagrama de nodos, en donde se plantea la posible distribución de las áreas y su proximidad, en la Figura 6, se muestra el mismo.

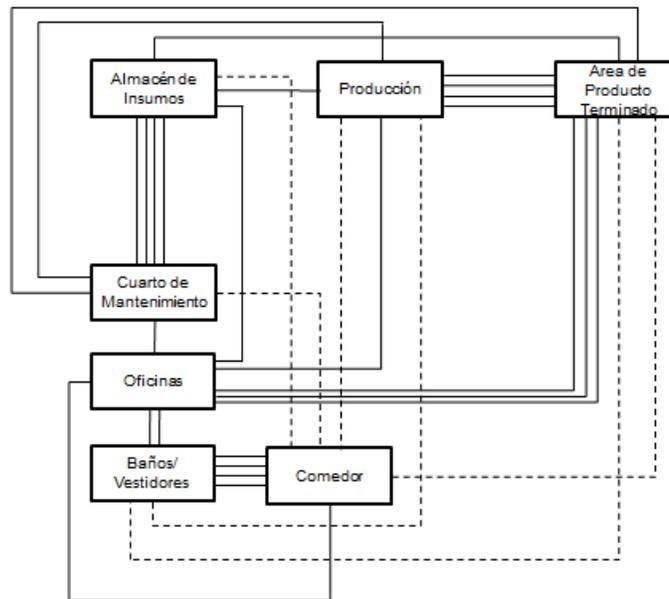


Figura 6 Diagrama de Nodos

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la Tabla 9, se muestra la codificación por área y el número de grillas que cada una ocupa, el número de grillas se obtuvo a partir de los requerimientos de espacio de cada una de estas.

Tabla 9 Código y cantidad de grillas requeridas por área

Código	Área	Espacio Requerido (m ²)	Cantidad de Grillas
1	Producción	330	33
2	Almacén de Producto Terminado	1300	130
3	Oficinas	40	4
4	Baños/Vestidores	40	4
5	Almacén de Insumos	20	2
6	Cuarto de Mantenimiento	30	3
7	Comedor	40	4
Total		1800	180

Fuente: Elaboración propia

Con las relaciones establecidas entre cada área se generaron dos opciones para la distribución de la planta, se evaluaron en cada caso la matriz de eficiencia de la distribución y se tomó aquella cuya matriz de eficiencia resultara mejor, (véase Anexo F) como se muestra en la Figura 7.

2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	7
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

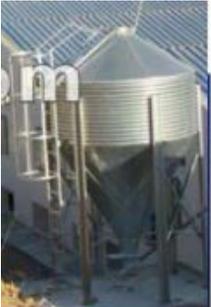
Figura 7 Grilla de distribución (Opción 2)

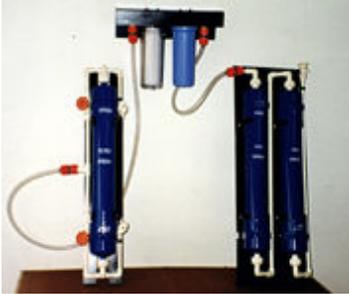
Fuente: Elaboración propia

Maquinarias y Equipo necesario

La determinación de las maquinarias y equipos necesarios para el diseño de la planta, estuvo basado en el procedimiento empleado para la obtención de carbón activo a partir de la cáscara de cacao, en base a esto se investigó en la web acerca de las maquinarias disponibles en el mercado que cumplieran con la función correspondiente en cada paso, en la tabla 10 se muestra la descripción de cada una de ellas.

Tabla 10 Equipos necesarios y Especificaciones

Equipo	Especificaciones
<p>Silo</p> 	<p>Material: acero inoxidable Carga máxima: 10Tm Dimensiones: 183x370cm</p>
<p>Molino Vertical</p> 	<p>Material: acero inoxidable Capacidad: 10 Tm Dimensiones: 500cmΦ</p>
<p>Tanque de almacenamiento de activador y agua destilada</p> 	<p>Material: Plástico reforzado Capacidad: 10000 l Dimensiones: 2320Φx2590cm</p>
<p>Mezclador químico</p>	<p>Material: plásticos reforzados del tipo PE,PP,PVC,PET,PV,ABS,PS,Nylon Capacidad: 10 Tm Dimensiones: 2900x1300x2200cm Consumo(Kw/h):11</p>

Equipo	Especificaciones
	
<p>Hornos</p>	<p>Material: ladrillos refractarios Capacidad:10000 l Dimensiones: 300Φx300cm</p>
<p>Mezclador para lavado</p> 	<p>Material: plásticos reforzados del tipo PE,PP,PVC,PET,PV,ABS,PS,Nylon Capacidad: 10 Tm Dimensiones: 2900x1300x2200cm Consumo(Kw/h):22</p>
<p>Sistema des- ionizante</p> 	<p>Modelo: DI-50 Flujo de Operación: 800-1300 Dimensiones: Columnas de resinas: 160x90x40cm Prefiltros: 75x65x20cm Rendimiento (cicl lts): 100,000</p>

<p>Secador rotatorio</p>	<p>Velocidad de rotación (r/min):3-8 Peso: 2.9T</p>
<p>Equipo</p>	<p>Especificaciones</p>
	<p>Materia saliente(T/h): 0.5-1.5 Consumo (Kw/h):3</p>
<p>Silo</p> 	<p>Material: acero inoxidable Capacidad:10Tm Dimensiones: 183x370cm</p>
<p>Máquina de elaboración de cartuchos para filtros</p> 	<p>Dimensiones: 200*150cm Certificación: iso 9000 Tipo de producto: plastico Aplicación : gránulos Consumo: 8kw/h Potencia(w): 50/60 hz</p>

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Una vez concretado el diseño de la planta, en este capítulo se realiza una evaluación económica a través de dos criterios, el criterio Beneficio-Costo y el criterio del Valor Presente Neto, previo a esto se describen aspectos técnicos propios de la planta.

VI.1 Aspectos Técnicos

En primer lugar se realizó un resumen de las características técnicas y de capacidad de la planta, en cuanto al espacio total requerido para la implementación, producción total aproximada, tomando en cuenta un funcionamiento durante un período de 220 días al año, con 40 horas semanales.

A continuación en la Tabla 11, se presentan estos aspectos técnicos.

Tabla 11 Aspectos Técnicos de la planta

Cantidad de cáscara de cacao procesada al año	110 Tm
Capacidad de producción de carbón activado al año	48.84 Tm
Capacidad de producción de filtros de carbón activado al año	366,520 Filtros
Porcentaje de aprovechamiento de cáscara de cacao.	44.4%
Espacio Total Requerido	1800 m ²

Fuente: Cacao Real C.A, Reporte de Producción.
Elaboración Propia

En la Figura 8, se puede observar el Diagrama de distribución de maquinarias dentro del Área de Producción, a la vez que se determina la capacidad de producción diaria de la planta. Por su parte en el Anexo D se encuentra una propuesta de expansión y adaptabilidad de la planta.

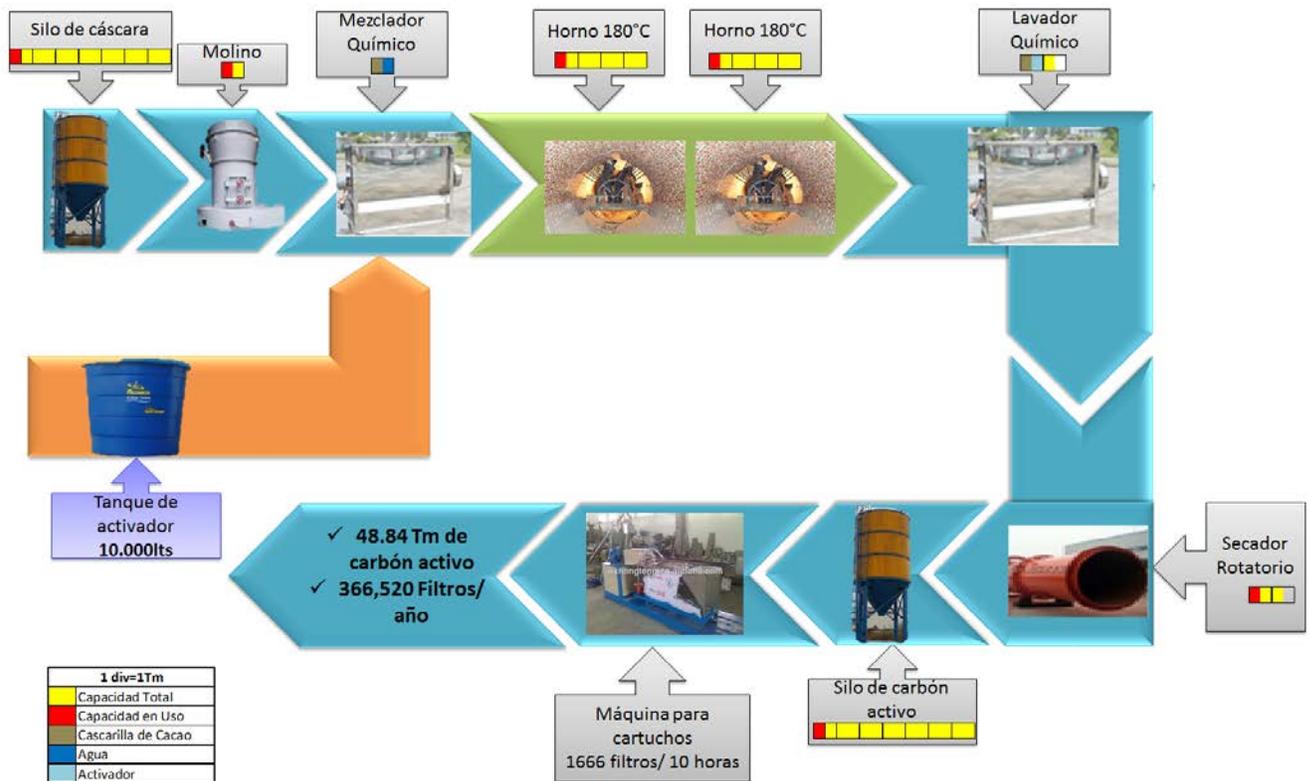


Figura 8 Diagrama de distribución de maquinarias del Área de Producción

Fuente: Elaboración Propia

VI.2 Evaluación económica

Como se dijo anteriormente, el proyecto fue evaluado económicamente por dos criterios, el criterio Beneficio-costos y el criterio del Valor Presente Neto, no se realizó el estudio de la Tasa Interna de Retorno, debido a que no se considera ningún tipo de financiamiento.

Para la realización de los cálculos que son presentados en esta sección se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- La tasa de incremento interanual de los costos, gastos e ingresos, es igual a la inflación promedio de los últimos 3 años, a partir del 2010 hasta el presente año, se encuentra en 24,82%
- Se consideró un incremento interanual de los sueldos y salarios igual a la inflación.

VI.2.1 Inversión inicial

La inversión en equipamiento de la planta corresponde a la maquinaria y los equipos necesarios para el proceso productivo, para esto se realizaron investigaciones en la web de distintas empresas, considerando las que se ajustaban mejor a los requerimientos del proyecto.

Se asumirá un tipo de cambio de 6.30BsF por dólar, valor que se obtuvo en febrero de 2013, (veáse Anexo D) este valor será usado para todos los cálculos y así tener coherencia en los valores obtenidos.

Tabla 12 Inversión de Maquinarias

Maquinaria	Cantidad (Unidades)	Bs.
Silo	2	10,080.00
Molino vertical	1	3,150.00
Contenedor de activador	1	16,415.21
Mezclador químico	1	31,500.00
Horno 1	1	1,575.00
Horno 2	1	1,575.00
Contenedor de agua destilada	1	16,415.21
Mezclador para lavado y filtrado	1	37,800.00
Contenedor de agua residuales	1	16,415.21
Desionizadores regenerables	1	31,500.00- 134,750.00
Secador rotatorio	1	37,800.00
Maquinaria para crear cartuchos	1	50,400.00- 215,600.00
	Total	522975,63

Fuente: Elaboración Propia

VI.2.2 Precio de Venta

Para la presentación del producto principal a comercializar (filtros de agua) se fijó un precio de venta de 80Bs la unidad, el cual se obtuvo a partir de investigaciones de productos de este tipo en el mercado nacional.

VI.2.3 Estructura del Flujo de Caja

Para el análisis del proyecto de la planta de filtros de carbón activo, se presenta a continuación los aspectos correspondientes a la estructura del Flujo de Caja evaluados para un período de tres (3) años:

- **Inversión Inicial del Proyecto:** Se determinó a partir de los costos de las maquinarias y el costo de la construcción de la planta.
- **Costos:** Comprenden aquellos relacionados e involucrados con las actividades diarias a realizar dentro de la planta, como lo son el costo de los insumos, la mano de obra directa y la carga fabril
- **Depreciación de los Activos:** La depreciación de los activos fijos se realizó por el método de la línea recta, lo cual implica que la depreciación se mantendrá constante por un período de 3 años con un valor en libros de los activos fijos de cero (0) para el último año.
- **Ingresos:** Se determinaron a partir de las cantidades de producción por año, multiplicado por el respectivo precio de venta del producto.
- Se decidió que el valor de la inversión en el año 3 fuera el mismo que el de la inversión inicial, suponiendo éste como el valor mínimo de rescate que se puede presentar.
- Se asumió un valor de **TRAM** compuesto por la suma de los siguientes factores, totalizando 39,82%.
 - Estimación de la inflación de los últimos 3 años, resultando de 24,82%
 - Ganancia deseada de 15’%

Se presenta a continuación en la Tabla 13, el flujo de caja del proyecto para un período de tres (3) años, considerando el 100% de las ventas de la producción como ingresos.

Tabla 13 Flujo de Caja

Año	0	1	2	3
Flujo de Caja Operativo				
Ingresos		29.321.600,00	36.599.221,12	45.683.147,80
Costos		904.022,45	1.128.400,82	1.408.469,91
Depreciación		558.122,55	558.122,55	558.122,55
Ingreso Grabable		27.859.455,00	34.912.697,75	43.716.555,35
ISLR		9.472.214,70	11.870.317,23	14.863.628,82
Ingreso neto		18.387.240,30	23.042.380,51	28.852.926,53
Depreciación		558.122,55	558.122,55	558.122,55
Total Flujo de Caja Operativo		18.945.362,85	23.600.503,06	29.411.049,08
Inversión Inicial	1.674.367,65	-	-	1.674.367,65
ISLR		-	-	569.285,00
Total Flujo Caja Inversión	1.674.367,65			1.105.082,65
Total Flujo de Caja	1.674.367,65	18.945.362,85	23.600.503,00	30.516.131,73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 VPN del proyecto, valores de TRAM y TIR

VPN	38.434.890,22
TRAM	0,3982
TIR	8,67

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Tabla 14, el valor del VPN resulta muy favorable a la vez que el valor de TIR es mucho mayor que la TRAM, por lo que el proyecto resulta rentable y beneficioso al tomar en cuenta un 100% de las ventas de los filtros producidos en un año.

A continuación se plantearon dos escenarios de evaluación para el proyecto, considerando un 50% de las ventas de la producción y luego considerando un 10% de las ventas para verificar el nivel de rentabilidad del mismo.

Tabla 15 Flujo de Caja para un 50% de ingresos por ventas

Año	0	1	2	3
Flujo de Caja Operativo				
Ingresos		14.660.800,00	18.299.610,56	22.841.573,90
Costos		904.022,45	1.128.400,82	1.408.469,91
Depreciación		558.122,55	558.122,55	558.122,55
Ingreso Grabable		13.198.655,00	16.613.087,19	20.874.981,44
ISLR		4.487.542,70	5.648.449,64	7.097.493,69
Ingreso neto		8.711.112,30	10.964.637,54	13.777.487,75
Depreciación		558.122,55	558.122,55	558.122,55
Total Flujo de Caja Operativo		9.269.234,85	11.522.760,09	14.335.610,30
Inversión Inicial	1.674.367,65	-	-	1.674.367,65
ISLR		-	-	569.285,00
Total Flujo Caja Inversión	1.674.367,65			1.105.082,65
Total Flujo de Caja	2.243.652,65	9.269.234,85	11.522.760,09	15.440.692,95

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 VPN, TIR y TRAM para un 50% de ingresos por ventas

VPN	20403360,16
TRAM	0,3982
TIR	4,3356

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 Flujo de caja con ingresos del 10% de producción

Año	0	1	2	3
Flujo de Caja Operativo				
Ingresos		2.932.160,00	3.659.922,11	4.568.314,78
Costos		904.022,45	1.128.400,82	1.408.469,91
Depreciación		558.122,55	558.122,55	558.122,55
Ingreso Grabable		1.470.015,00	1.973.398,74	2.601.722,32
ISLR		499.805,10	670.955,57	884.585,59
Ingreso neto		970.209,90	1.302.443,17	1.717.136,73
Depreciación		558.122,55	558.122,55	558.122,55
Total Flujo de Caja Operativo		1.528.332,45	1.860.565,72	2.275.259,28
Flujo de Caja Inversión	1.674.367,65			1.674.367,65
ISLR		-	-	569.285,00
Total Flujo Caja Inversión	1.674.367,65			1.105.082,65
Total Flujo de Caja	1.674.367,65	1.528.332,45	1.860.565,72	3.380.341,93

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 VPN, TRAM y TIR con un ingreso del 10% de la producción

VPN	4962318,74
TRAM	0,3982
TIR	0,4241

Fuente: Elaboración Propia.

Al observar los tres escenarios se tiene que la TIR resultó siempre mayor que la TRAM, por lo que definitivamente el proyecto resulta rentable y beneficioso si se llegara a implementar.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante la elaboración del presente Trabajo Especial de Grado, cada uno de los Capítulos involucrados directamente con la elaboración del diseño de la planta para la producción de filtros de carbón activado a partir de la cáscara de cacao, como lo fueron el Capítulo IV, el Capítulo V y el Capítulo VI, aportaron conclusiones y recomendaciones al cierre de cada uno, de las cuales se nutrirá éste capítulo, permitiendo realizar un conglomerado de cada uno de estos. A continuación se presentan las Conclusiones y Recomendaciones del Trabajo Especial de Grado.

VII.1 Conclusiones

Actualmente no se tienen referencias acerca de la producción de carbón activado a partir de la cáscara de cacao, por lo que el presente Trabajo Especial de Grado representa un avance y aporte significativo para el desarrollo productivo del país el hecho de tener una planta de carbón activo a partir de esta materia prima vegetal tan importante y reconocida mundialmente por las características del cacao venezolano.

El carbón activo posee innumerables usos en la actualidad en casi cualquier área de la vida cotidiana, para este Trabajo Especial se realizó el diseño de una planta de filtros para agua, el cual fue definido por el tipo de filtro mayormente usado por la empresa Cacao Real, las dimensiones de este producto final estuvieron dadas por los estándares mayormente usados para poder introducirlo en el mercado nacional.

Con las dimensiones y distribución del diseño de la planta que aquí se presenta, es cubierto aproximadamente un 20% de la producción de cascarilla de cacao mensual por parte de la empresa Cacao Real, representando 10Tm, esto se realizó con fines de tener un soporte ligado a la realidad de producción en el mercado, sin embargo se tiene la posibilidad de aumentar esta capacidad de producción dentro de las mismas dimensiones planteadas (1800m²) con un plan de expansión y adaptabilidad.

Luego de realizar los experimentos y evaluar los resultados obtenidos, se seleccionó el activador que presentó mayores beneficios en los

parámetros que se compararon, éste fue el ácido fosfórico, siendo un activador químico comúnmente usado en las plantas de carbón activo.

Asumiendo un escenario del 10% de ventas de la producción, con un 15% de ganancia, se tiene una diferencia de 2,59% de la TIR con respecto a la TRAM, por lo que el proyecto resulta aceptable y rentable.

VII.2 Recomendaciones

Luego de haber realizado los experimentos, se sugiere la investigación acerca de otros activadores de los cuales se pueda obtener un mayor rendimiento a menor precio y proporcionar mayor superficie interna.

Para el cumplimiento de los objetivos del Trabajo Especial de Grado se tuvo como producto final los filtros para agua, sin embargo se recomienda realizar una evaluación económica con respecto a la comercialización del carbón activo a granel, ya que en Venezuela se cuenta con muy pocas empresas fabricantes de carbón activo, y este tipo de producto pudiera generar mayor rentabilidad para la planta.

De igual manera, se recomienda realizar una evaluación para la producción de diversos tipos de filtros de carbón activado que permitan una mayor competencia en el mercado nacional.

Como propuesta de un futuro Trabajo Especial de Grado, se propone realizar una reevaluación técnico económica de la planta a fin de optimizar la distribución de los espacios, así como de los costos y gastos requeridos mediante cotizaciones especiales, para así obtener el mayor provecho económico posible de la producción de la planta.

El tipo de proyecto que aquí se plantea resultaría beneficioso para las empresas cacaoteras del país, ya que ofrece una alternativa para la utilización de los desechos por cascarilla reduciendo el impacto ambiental, a la vez que presenta un margen de rentabilidad aceptable, por ello se recomienda la divulgación de información resultante.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes bibliográficas:

Hodson. (1996).

Hurtado , J. (2010). *Metodología de la investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Editorial Quiron, cuarta edición.

Jimenez, M. (s.f.). *Tratado de farmacia experimental*. Madrid: Imprenta de don narciso sanchez.

Luna, D., Gonzalez, A., Gordon, M., & Martín, N. (2007). *Obtención de carbón activo a partir de la cáscara de coco*. Mexico D.F.: UAM-Azcapotzalco. Recuperado el 04,02, 2013

Mateo, P. (s.f.). *Gestión de la Higiene Industrial*. Madrid: FC editorial.

Matthew, S. (2006). *Diseño de instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Pearson Educación Tercera Edición.

Eddy, M. (1991). *Wastewater Engineering*. Lenntech.

Rodríguez, A., García, P., & Rosal, R. (n.d.). *Tratamiento de aguas residuales industriales*. Madrid: informe de vigilancia tecnológica.

Rodríguez, F. (2003). *Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización*. Díaz de Santos.

Serruya, A., Soledad, B., & Gutiérrez, J. I. (2009). *Evaluación de propiedades fisicoquímicas por análisis proximal y valor calórico como base para usos alternativos de la cascarilla de cacao como sub producto del procesamiento del cacao en grano*. Caracas.

Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Tercera edición: Pearson Education.

Fuentes en línea:

- ABC. (2012). Recuperado el 21, 12 2012, de <http://www.definicionabc.com/general/insumo.php>
- Barca. (2011, 03). Recuperado el 20, 12, 2012, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Desechos-Industriales/1688102.html>
- Cacao Real, C.A. (2013). *Cacao Real*. Recuperado el 20, 01 2013, de <http://www.cacaoreal.com.ve/>
- Carbotecnia. (2013). *Carbotecnia. Carbón Activado*. Recuperado el 25,01, 2013, de <http://www.carbotecnia.info/Aplicaciones.htm>
- Carrillo, R. A. (2007, abril 27). *Noemagico*. Recuperado el 18 11, 2012, de <http://noemagico.blogia.com/acercade/>
- CorpoAndes. (2013). Recuperado el 28, 02 2013, de <http://www.corpoandes.gov.ve/?q=node/109>
- Díaz, G., & Fierro, G. (2007). Santiago de Chile: Tesis de Grado. Recuperado el 28,12 de 2012 de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/soto_fp/sources/soto_fp.pdf
- Ficus. (2012). Recuperado el 21, 12, 2012, de http://ficus.pntic.mec.es/ibus0001/industria/materias_primas.html
- Fideas, A. (2006). *Googlebooks*. Recuperado el 20, 11, 2012, de <http://books.google.co.ve/books?id=3fxmBaTGUygC&pg=PA33&lpg=PA33&dq=Es+un+proceso+basado+en+la+b%C3%BAqueda,+recuperaci%C3%B3n,+an%C3%A1lisis,+cr%C3%ADtica+e+interpretaci%C3%B3n+de+datos+secundarios,&source=bl&ots=IQsvkX04IR&sig=yfubONkrNknSwWj9ISIB9DDXM>
- GuntHamburg. (2012). *Ingeniería de procesos térmicos*. Recuperado el 15, 02, 2013, de http://www.gunt.de/download/absorption_spanish.pdf
- Menéndez, A. (2007). *Oiedocorreo*. Recuperado el 12 12, 2012, de <http://www.oviedocorreo.es/personales/carbon/curiosidades/carbon%20vegetal.htm#carbonizacion>

Noto, F. (2008). *Rincón del vago*. Recuperado el 28 02, 2013, de http://html.rincondelvago.com/ventaja-competitiva_m-porter.html

Ponce, O. (2009). *UDLAP*. Recuperado el 16 12, 2012, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/capitulo4.pdf

ANEXOS

Anexo A: Experimentos realizados con la cáscara de cacao para la obtención de carbón activado

1. Selección de los activadores y cálculo de las cantidades necesarias

Luego de haber realizado las investigaciones necesarias en estudios anteriores, se seleccionaron los siguientes activadores:

- Hidróxido de potasio (KOH)
- Cloruro de Zinc (ZnCl_2)
- Ácido Fosfórico (H_3PO_4)
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

Se calcularon las cantidades en base a las capacidades de los utensilios disponibles en el laboratorio, específicamente para los crisoles de asbesto, colocando una cantidad de cáscara de cacao de 10gr.

Hidróxido de potasio (KOH) y Cloruro de Zinc (ZnCl_2): Se determinó la cantidad de activador necesaria para agregar la misma cantidad en moles.

Ácido Fosfórico (H_3PO_4) y Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): En el Laboratorio se contaba con esta solución en un grado de pureza del 86% para el ácido fosfórico, y se preparó una solución en proporción 1:1, tomando 10ml de ácido y 10ml de agua destilada, para un total de 20ml.

2. Procedimiento empleado para obtención del carbón activado

En primer lugar se contactó con la Empresa Cacao Real para obtención de la cáscara de cacao, el estado inicial de la cáscara de muestra en la Figura 9, Con la ayuda de un molino se trituro la cáscara, quedando como se muestra en la Figura 10.



Figura 9 Cáscara de cacao en su estado inicial

Fuente: Elaboración propia



Figura 10 Cáscara de cacao luego de ser triturada con un molino

Fuente: Elaboración propia

Se tomaron 4 muestras de cáscaras de cacao, con la ayuda de una balanza monoplato, de aproximadamente 10gr cada una, un ejemplo de esta etapa se muestra en la Figura 11.



Figura 11 Peso de una de las muestras de cáscara de cacao en la balanza monoplato

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se muestra el peso de cada una de las muestras de cáscara de cacao resultantes.

Tabla 19 Peso de las 4 muestras de cáscara de cacao

# de Muestra	Masa (gr)
1	10.0024
2	10.0059
3	10.0005
4	10.0656

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se agregó a cada muestra un activador según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 20 Activadores y cantidades usadas

# de Muestra	Activador	%de pureza	Cantidad	Agua Destilada	Cantidades diluidas	Cantidades totales
1	Hidróxido de potasio (KOH)	86	11.4613gr			11.4613gr
2	Cloruro de Zinc (ZnCl ₂)		20ml			20ml
3	Ácido Fosfórico (H ₃ PO ₄)		10ml	10 ml	20ml	20ml
4	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄)		10ml	10 ml	20ml	20ml

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los ácidos se diluyeron con agua destilada a una proporción 1 a 1, es decir se usaron 10 ml de agua destilada por cada 10 ml de ácido.

Se colocaron las muestras en crisoles de asbesto en una mufla con las siguientes condiciones:

- 1h a 180°C
- 1h a 480°C

Estos procedimientos se muestran en las Figuras 12 y 13.



Figura 12 Muestras en mufla a 180°C

Fuente: Elaboración propia



Figura 13 Muestras en la mufla a 482°C

Fuente: Elaboración propia

Una vez culminado el tiempo, se esperó que las muestras disminuyeran la temperatura a la del ambiente para poder ser manipuladas, el resultado que se obtuvo en esta fase se observa en la Figura 14.



Figura 14 Muestras luego de extraerlas de la mufla

Fuente: Elaboración propia

Con la ayuda de un agitador magnético, se lavaron las muestras con agua destilada, durante 5min como se observa en la Figura 15.



Figura 15 Lavado de las muestras con un agitador magnético

Fuente: Elaboración propia

Para el filtrado de las muestras se usó un embudo *Büchner* y succionado el agua por una bomba de vacío creado con el efecto Venturi, mediante un *kitazato* y una corriente de agua, como se muestra en la Figura 16.



Figura 16 Uso del embudo Büchner para el filtrado de la muestras

Fuente: Elaboración propia

Se realizó este procedimiento hasta que se obtuvo un pH7 en el agua.

De esta manera se observan en la Figura 17, las cuatro muestras obtenidas luego de realizar las filtraciones.



Figura 17 Muestras luego del filtrado

Fuente: Elaboración propia

Se colocaron los *beakers* en un horno a 60°C, durante 2 horas para eliminar la humedad.

3. Procedimiento empleado para la realización de las isotermas de adsorción en base al azul de metileno

En primer lugar se procedió a preparar una madre de azul de metileno a 100 ppm en agua destilada, como se muestra en la Figura 18, para esto se disolvieron 0.05 gr de azul de metileno en 500 ml de solución



Figura 18 Madre de 100 ppm de azul de metileno en agua

Fuente: Elaboración propia

Luego se pesaron 5 muestras de 0,2 gr aproximadamente por cada tipo de carbón activado obtenido, véase la Figura 19 y la tabla 21.



Figura 19 Muestra de 0.2012 de carbón activo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Peso de carbón activo por compuesto activador

Compuesto	# de Muestra	Masa (gr)
KOH	1,1	0,2036
	1,2	0,2003
	1,3	0,2037
	1,4	0,2013
	1,5	0,1999
ZnCL ₂	2,1	0,1998
	2,2	0,2004
	2,3	0,2
	2,4	0,2008
	2,5	0,203
H ₃ PO ₄	3,1	0,2006
	3,2	0,2031
	3,3	0,2001
	3,4	0,2007
	3,5	0,2033
H ₂ SO ₄	4,1	0,2024
	4,2	0,1995
	4,3	0,2048
	4,4	0,2012
	4,5	0,2015

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se realizó una curva de adsorción para determinar la longitud de onda de máxima absorción de luz, a esta longitud de onda se determinó la absorbancia de las muestras de azul de metileno tratadas con el carbón activo, con la ayuda de un espectrofotómetro, obteniéndose la tabla 22 y el gráfico X.



Figura 20 Medición de la absorbancia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Datos para curva de absorción

λ (nm)	Transmitancia %	Absorbancia
340	17	0,76955108
345	21	0,67778071
350	26	0,58502665
355	31	0,50863831
360	36	0,4436975
365	40	0,39794001
370	41	0,38721614
375	42	0,37675071
380	41	0,38721614
385	40	0,39794001
390	40	0,39794001
395	39	0,40893539
400	41	0,38721614
405	45	0,34678749
410	47	0,32790214
415	48	0,31875876
420	48	0,31875876
425	47	0,32790214
430	43	0,36653154

λ (nm)	Transmitancia %	Absorbancia
435	40	0,39794001
440	38	0,4202164
445	33	0,48148606
450	29	0,537602
455	25	0,60205999
460	22	0,65757732
465	18	0,74472749
470	16	0,79588002
475	13	0,88605665
480	11	0,95860731
485	9	1,04575749
490	8	1,09691001
495	7	1,15490196
500	5	1,30103
505	4	1,39794001
510	4	1,39794001
515	3	1,52287875
520	2	1,69897
525	2	1,69897
530	1	2
535	1	2
540	0,001	5
545	0,001	5
550	0,001	5
555	0,001	5
560	0,001	5
565	0,001	5
570	0,001	5
575	0,5	2,30103
580	0,5	2,30103
585	0,5	2,30103
590	0,5	2,30103
595	0,5	2,30103
600	0,5	2,30103

Fuente: Elaboración propia

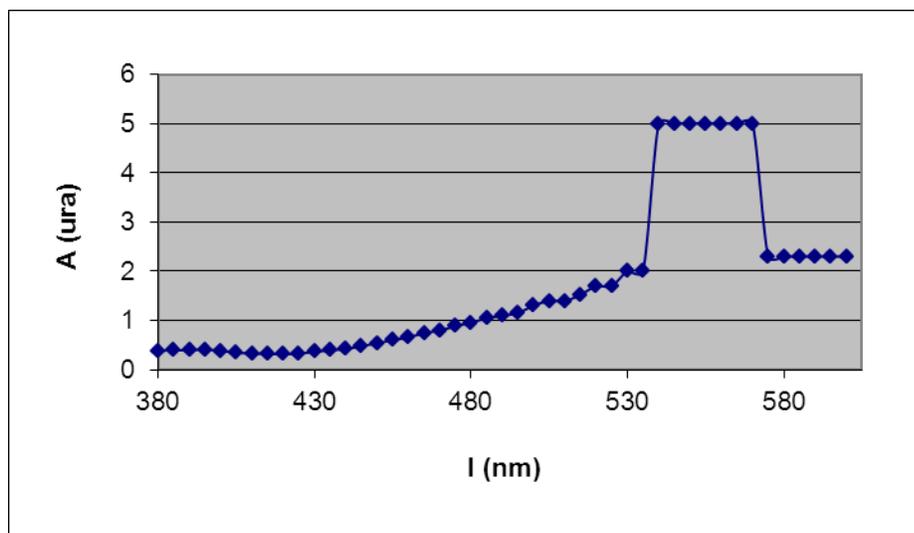


Gráfico 1 Curva de absorción

Fuente: Elaboración propia

A continuación se prepararon las soluciones diluyendo cantidades de la madre de azul de metileno por muestras en 100 ml véase la Figura 21, midiéndose la absorbancia inicial de las soluciones, reflejando los resultados de la tabla 23.

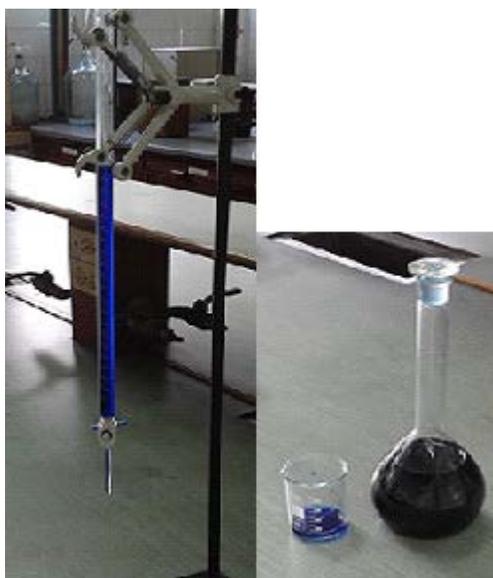


Figura 21 Medición de azul de metileno por cada muestra de compuestos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Cantidades de solución y transmitancia inicial

Compuesto	# de Muestra	Azul de metileno de la madre (ml)	Agua destilada (ml)	Absorbancia Inicial (%)
KOH	1,1	2	100	89
	1,2	4	100	71
	1,3	6	100	67
	1,4	8	100	57
	1,5	10	100	48
ZnCL ₂	2,1	2	100	86
	2,2	4	100	75
	2,3	6	100	66
	2,4	8	100	57
	2,5	10	100	48
H ₃ PO ₄	3,1	2	100	86
	3,2	4	100	76
	3,3	6	100	66
	3,4	8	100	55
	3,5	10	100	48
H ₂ SO ₄	4,1	2	100	85
	4,2	4	100	75
	4,3	6	100	65
	4,4	8	100	56
	4,5	10	100	47

Fuente: Elaboración propia

Se agregaron los gramos de carbón hallado por cada activador a la solución madre, como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24 gramos de carbón activado en solución

Compuesto	# de Muestra	Masa (gr)	Azul de metileno de la madre (ml)	Agua destilada (ml)	Transmitancia Inicial (%)
KOH	1,1	0,2036	2	100	89
	1,2	0,2003	4	100	71
	1,3	0,2037	6	100	67
	1,4	0,2013	8	100	57
	1,5	0,1999	10	100	48
ZnCL2	2,1	0,1998	2	100	86
	2,2	0,2004	4	100	75
	2,3	0,2	6	100	66
	2,4	0,2008	8	100	57
	2,5	0,203	10	100	48
H3PO4	3,1	0,2006	2	100	86
	3,2	0,2031	4	100	76
	3,3	0,2001	6	100	66
	3,4	0,2007	8	100	55
	3,5	0,2033	10	100	48
H2SO4	4,1	0,2024	2	100	85
	4,2	0,1995	4	100	75
	4,3	0,2048	6	100	65
	4,4	0,2012	8	100	56
	4,5	0,2015	10	100	47

Fuente: Elaboración propia

Se dejó en reposo la mezcla para estabilizarla durante 2 horas aproximadamente, y así el carbón absorbiera la mayor cantidad de solución (azul de metileno), véase la figura 22.



Figura 22 Muestras de solución con gramos de carbón activo

Fuente: Elaboración propia

Se filtraron las mezclas como se ve en la figura 23 y se procedió a hallar los valores de transmitancia de la solución como se muestra en la tabla 25:



Figura 23 Filtrado de las muestras

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Transmitancia final con mezcla filtrada

Compuesto	# de Muestra	Peso (gr)	Azul de metileno de la madre (ml)	Agua destilada (ml)	Transmitancia inicial(%)	Transmitancia final(%)
KOH	1,1	0,2036	2	100	89	96
	1,2	0,2003	4	100	71	83
	1,3	0,2037	6	100	67	84
	1,4	0,2013	8	100	57	85
	1,5	0,1999	10	100	48	84
ZnCL ₂	2,1	0,1998	2	100	86	100
	2,2	0,2004	4	100	75	100
	2,3	0,2	6	100	66	99
	2,4	0,2008	8	100	57	98
	2,5	0,203	10	100	48	98
H ₃ PO ₄	3,1	0,2006	2	100	86	100
	3,2	0,2031	4	100	76	99
	3,3	0,2001	6	100	66	98
	3,4	0,2007	8	100	55	97
	3,5	0,2033	10	100	48	97
H ₂ SO ₄	4,1	0,2024	2	100	85	90
	4,2	0,1995	4	100	75	92
	4,3	0,2048	6	100	65	92
	4,4	0,2012	8	100	56	87
	4,5	0,2015	10	100	47	86

Fuente: Elaboración propia

Con el % de transmitancia de la solución obtenida con la ayuda del espectrofotómetro, se determinó la absorbancia por medio de la fórmula $A = 2 - \log(\%T)$, donde A es absorbancia y T es transmitancia.

$$A = 2 - \log(\%T)$$

De esta manera se obtienen los resultados en la Tabla 26.

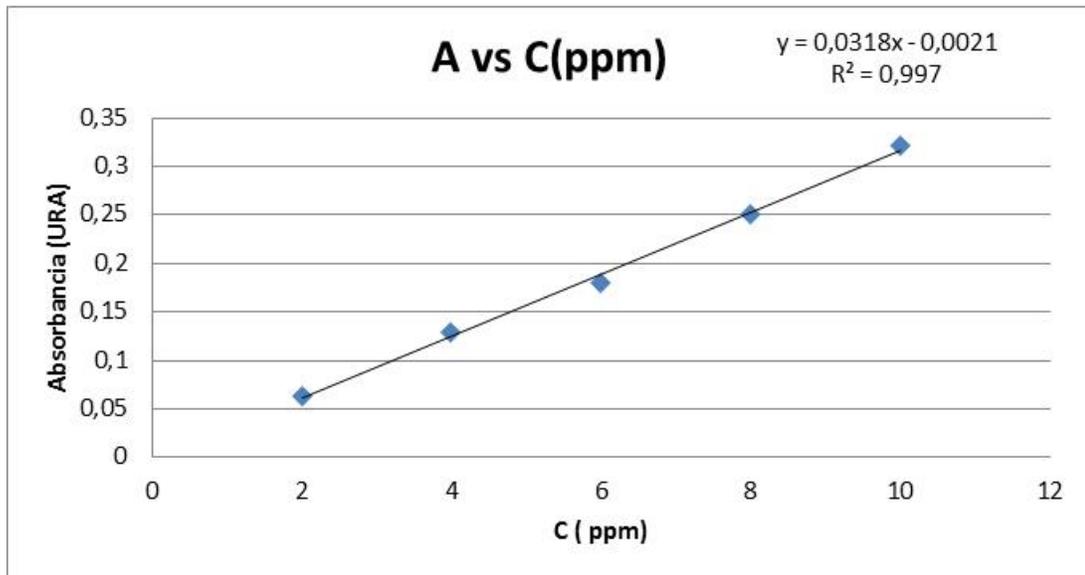
Tabla 26 Absorbancia inicial y final de las soluciones

Compuesto	# de Muestra	Transmitancia inicial(%)	Transmitancia final(%)	Absorbancia inicial (%)	Absorbancia inicial (%)
KOH	1,1	89	96	0,050609993	0,017728767
	1,2	71	83	0,148741651	0,080921908
	1,3	67	84	0,173925197	0,075720714
	1,4	57	85	0,244125144	0,070581074
	1,5	48	84	0,318758763	0,075720714
ZnCL ₂	2,1	86	100	0,065501549	0
	2,2	75	100	0,124938737	0
	2,3	66	99	0,180456064	0,004364805
	2,4	57	98	0,244125144	0,008773924
	2,5	48	98	0,318758763	0,008773924
H ₃ PO ₄	3,1	86	100	0,065501549	0
	3,2	76	99	0,119186408	0,004364805
	3,3	66	98	0,180456064	0,008773924
	3,4	55	97	0,259637311	0,013228266
	3,5	48	97	0,318758763	0,013228266
H ₂ SO ₄	4,1	85	90	0,070581074	0,045757491
	4,2	75	92	0,124938737	0,036212173
	4,3	65	92	0,187086643	0,036212173
	4,4	56	87	0,251811973	0,060480747
	4,5	47	86	0,327902142	0,065501549

Fuente: Elaboración propia

Con la concentración inicial y la absorbancia de las muestras se realizó una curva de calibración, como se puede observar en el gráfico 2.

Gráfico 2 Curva de calibración



Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la ecuación de la recta del gráfico anterior, se determinó la concentración final por interpolación, utilizando la absorbancia final como se muestra en la tabla 27.

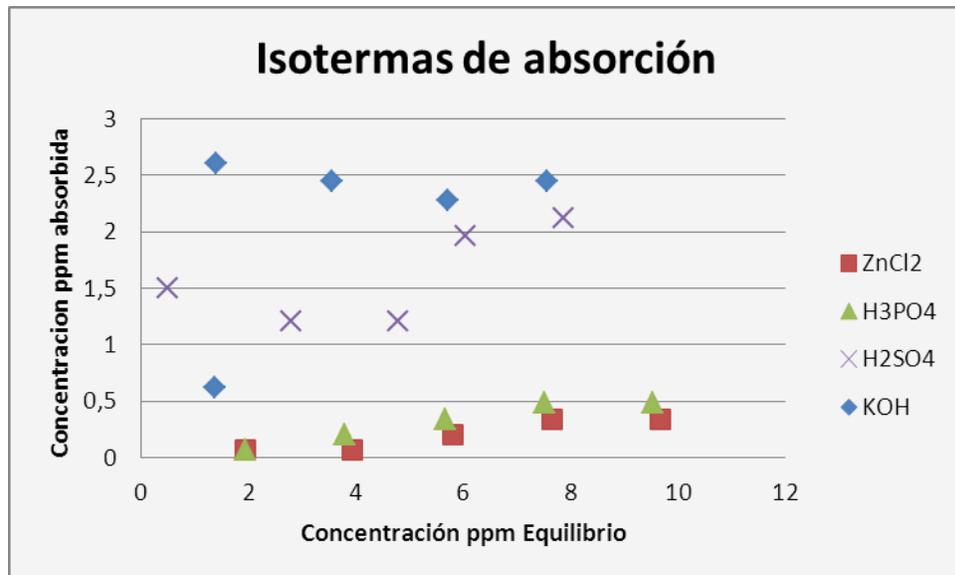
Tabla 27 Concentración final de las soluciones

Compuesto	# de Muestra	Absorbancia inicial (%)	Absorbancia inicial (%)	Concentración inicial(Ci)	Concentración final(Cf)	Concentración adsorbida(Ca)
KOH	1,1	0,050609993	0,017728767	2	0,623546131	1,376453869
	1,2	0,148741651	0,080921908	4	2,610751812	1,389248188
	1,3	0,173925197	0,075720714	6	2,447192262	3,552807738
	1,4	0,244125144	0,070581074	8	2,285568374	5,714431626
	1,5	0,318758763	0,075720714	10	2,447192262	7,552807738
ZnCL2	2,1	0,065501549	0	2	0,066037736	1,933962264
	2,2	0,124938737	0	4	0,066037736	3,933962264
	2,3	0,180456064	0,004364805	6	0,203295767	5,796704233
	2,4	0,244125144	0,008773924	8	0,341947305	7,658052695
	2,5	0,318758763	0,008773924	10	0,341947305	9,658052695
H3PO4	3,1	0,065501549	0	2	0,066037736	1,933962264
	3,2	0,119186408	0,004364805	4	0,203295767	3,796704233
	3,3	0,180456064	0,008773924	6	0,341947305	5,658052695
	3,4	0,259637311	0,013228266	8	0,482020935	7,517979065
	3,5	0,318758763	0,013228266	10	0,482020935	9,517979065
H2SO4	4,1	0,070581074	0,045757491	2	1,504952533	0,495047467
	4,2	0,124938737	0,036212173	4	1,204785304	2,795214696
	4,3	0,187086643	0,036212173	6	1,204785304	4,795214696
	4,4	0,251811973	0,060480747	8	1,967948031	6,032051969
	4,5	0,327902142	0,065501549	10	2,125834867	7,874165133

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se puede obtener la concentración absorbida, con la diferencia entre la concentración final y la concentración inicial como se puede observar en la Tabla 28, y en el gráfico 3 se muestra la isoterma de absorción obtenida para cada compuesto.

Gráfico 3 Isotermas de absorción para cada compuesto



Fuente: Elaboración propia

Para determinar los moles absorbidos se multiplicó la concentración absorbida por el volumen, se llevó a gramos (dividiendo entre mil) y por último se dividió entre el peso molecular del azul de metileno.

Luego se determinó la cantidad adsorbida por gramo de carbón (q) como se muestra en la Tabla 28.

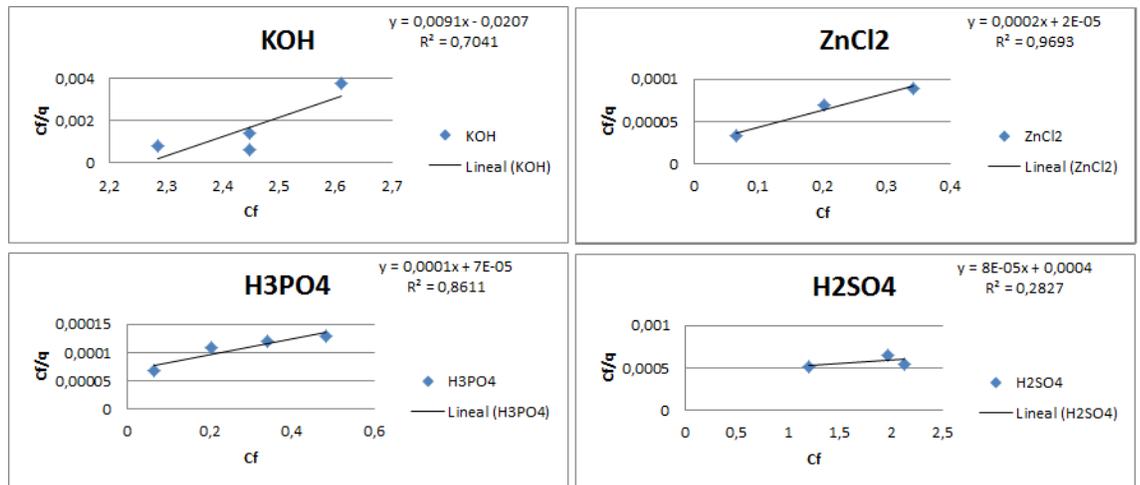
Tabla 28 Cantidad adsorbida por gramo de carbón

Compuesto	# de Muestra	Ci	Cf	Ca	q(mg/g)	Cf/q
KOH	1,1	2	0,62354613	1,37645387	676,057893	0,00092233
	1,2	4	2,61075181	1,38924819	693,583718	0,00376415
	1,3	6	2,44719226	3,55280774	1744,13733	0,0014031
	1,4	8	2,28556837	5,71443163	2838,76385	0,00080513
	1,5	10	2,44719226	7,55280774	3778,29302	0,0006477
ZnCL ₂	2,1	2	0,06603774	1,93396226	967,949081	6,8224E-05
	2,2	4	0,06603774	3,93396226	1963,05502	3,364E-05
	2,3	6	0,20329577	5,79670423	2898,35212	7,0142E-05
	2,4	8	0,34194731	7,65805269	3813,77126	8,9661E-05
	2,5	10	0,34194731	9,65805269	4757,66143	7,1873E-05
H ₃ PO ₄	3,1	2	0,06603774	1,93396226	964,088865	6,8498E-05
	3,2	4	0,20329577	3,79670423	1869,37678	0,00010875
	3,3	6	0,34194731	5,65805269	2827,61254	0,00012093
	3,4	8	0,48202094	7,51797906	3745,87896	0,00012868
	3,5	10	0,48202094	9,51797906	4681,74081	0,00010296
H ₂ SO ₄	4,1	2	1,50495253	0,49504747	244,588669	0,00615299
	4,2	4	1,2047853	2,7952147	1401,11012	0,00085988
	4,3	6	1,2047853	4,7952147	2341,41343	0,00051455
	4,4	8	1,96794803	6,03205197	2998,03776	0,00065641
	4,5	10	2,12583487	7,87416513	3907,77426	0,000544

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el gráfico de Concentración final (Cf) vs Cf/q se obtiene una línea cuya pendiente es $1/Q_0$, donde Q_0 es la capacidad de adsorción, estos resultados se muestran en el gráfico 4 para cada compuesto y en la Tabla 29 se muestra el rendimiento final obtenido.

Gráfico 4 Gráfico de concentración final (Cf/q) vs Cf



Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Rendimiento obtenido con cada compuesto

Compuesto	1/Qo	Qo (mg /g)	Rendimiento Obtenido
KOH	0,0091	109,89	2,4607
ZnCl2	0,0002	5000	4,5855
H3PO4	0,0001	10000	4,4439
H2SO4	8,00E-05	12500	3,784

Fuente: Elaboración propia

:

Tabla 30 Área superficial, precios de los compuestos

Compuesto	Área superficial (m ² /g)	Cantidad de carbón activado	Precios por Bs/Tm
KOH	340.94	2,4609	5,895-6300
ZnCl₂	15,512.89	4,5855	5040-6300
H₃PO₄	31,025.78	4,4439	5040-7560
H₂SO₄	38,782.22	3,784	1260-2520

Fuente: Elaboración propia

Para seleccionar el activador a usar en la planta, se analizaron los resultados obtenidos en la Tabla 30, de la siguiente manera

En primer lugar se observaron los compuestos que proporcionaron mayor cantidad de carbón activado, en segundo lugar se relacionó la cantidad producida con el precio y la superficie de adsorción, de donde finalmente fue seleccionado el ácido fosfórico (H₃PO₄) como activador químico de la planta, ya que reúne las condiciones más favorables en los parámetros que fueron estudiados frente al resto de las opciones que presentaban ventaja en un único parámetro y total desventaja en el resto.

Anexo B: Justificación de espacios por área

Como se señaló en el Capítulo V, se presentan a continuación la justificación de espacios por cada área en forma detallada, en la Tabla 31 se muestran las dimensiones por cada maquinaria necesaria para el área de producción, en la columna m2 totales se observa la totalización por área y en la columna m2 ajustados la cantidad final ajustada, de tal manera que quedara un número múltiplo de diez para realizar una grilla de tamaño 10m²

Tabla 31 Justificación de espacios por área

Áreas			m2 totales	m2 ajustados
1	Producción	m2		
	1.1	Silo de almacenamiento de cáscaras de cacao	16,80	
	1.2	Molino vertical	11,56	
	1.3	Tanque para el activador	20,25	
	1.4	Mezclador químico	22,14	
	1.5	Horno de 180	39,06	
	1.6	Horno de 480	39,06	
	1.7	Tanque de agua destilada	20,25	495,62
	1.8	Mezclador con lavado	23,68	500,00
	1.9	Tanque de aguas residuales	20,25	
	1.10	Desionizador de resina mixta	11,60	
	1.11	Secador rotario	26,78	
	1.12	Silo de almacenamiento de carbón activado	16,80	
	1.13	Maquinaria creadora de cartuchos	44,46	
	1.14	Expansión y adaptabilidad	182,93	
2	Almacén de producto terminado		1140,00	1200,00
3	Oficinas		12,00	20,00
4	Baños y vestidores		8,00	10,00
5	Almacén de insumos		40,00	40,00
6	Cuarto de mantenimiento		15,00	20,00
7	Comedor		10,00	10,00
Total			1720,62	1800,00

Fuente: Elaboración propia

De igual forma como se muestra en la Tabla 31, se describen a continuación las razones por las cuales se tomaron las medidas para cada área:

- **Almacén de Producto Terminado:** de acuerdo a las dimensiones de producto final, que son alto: 30cm, ancho: 10cm

y profundo: 10cm, se realizaron los cálculos para almacenar la producción de filtros correspondiente a 6 meses.

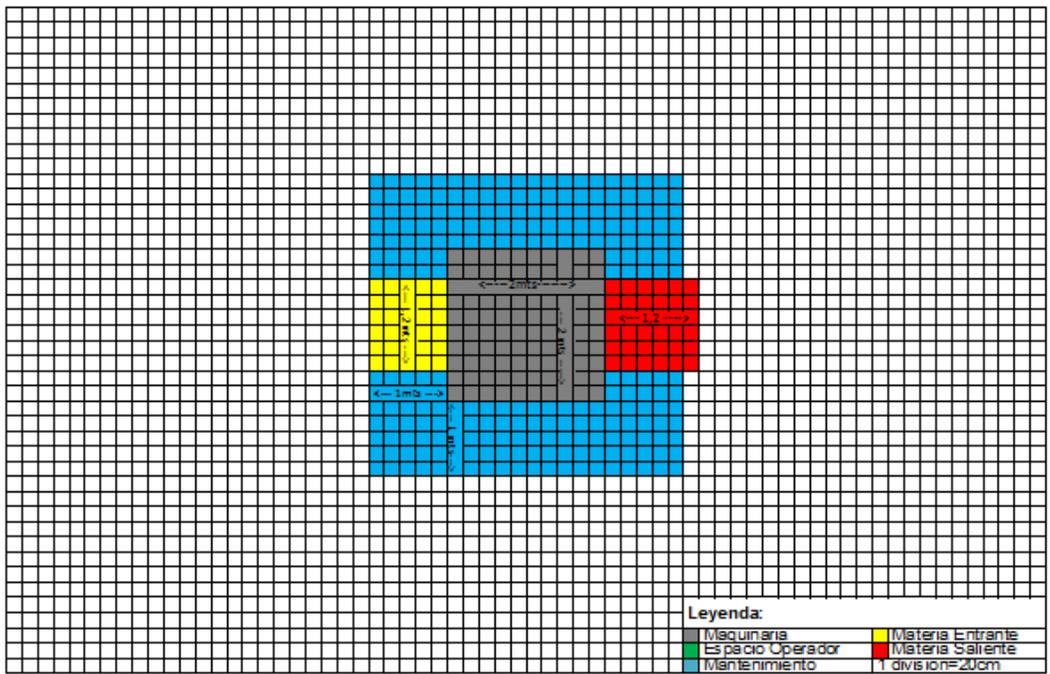
- **Oficinas:** de acuerdo a los principios de espacio, el personal que trabajará en la oficina (4 empleados) se considera un espacio aproximado de 12 m², donde se colocará 4 computadores, una fotocopidora, 4 mobiliarios, 4 sillas, se incluye el pasillo de comunicación con las demás áreas.
- **Baños y Vestidores:** según la norma sanitaria, gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N°4044 Extraordinario. Artículo 144 Tabla N°15. Sala Sanitaria para hombres, un excusado, un urinario, un lavamanos y una ducha. Para las mujeres en la sala sanitaria se considera un excusado, un lavamanos y una ducha.

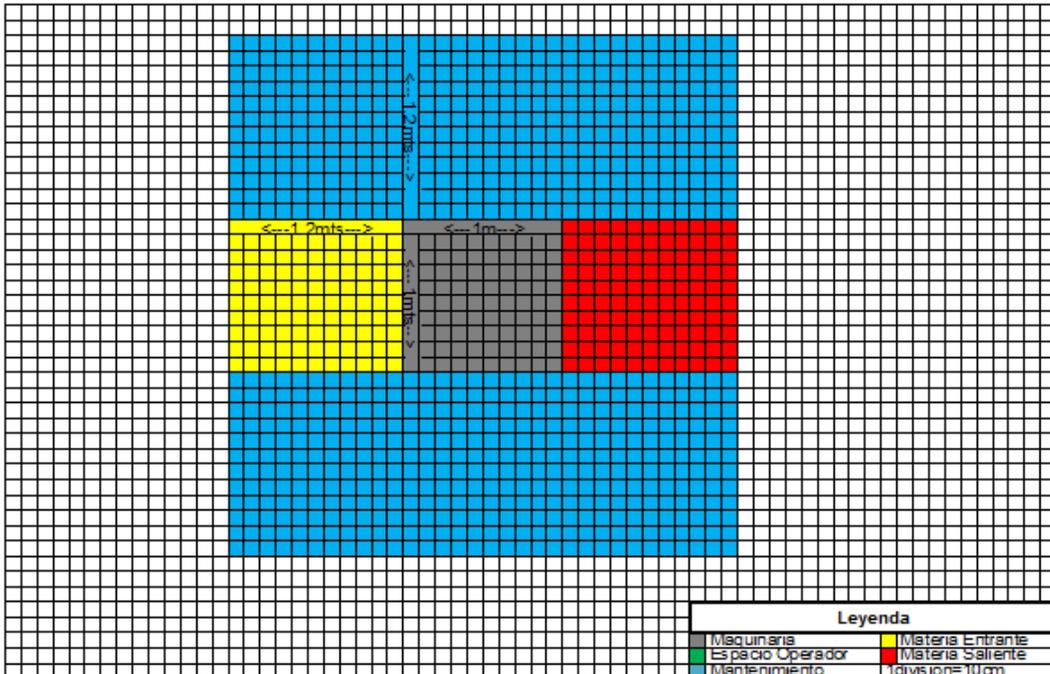
Para ambos sexos las duchas deberán tener como mínimo un área libre de 0,70x0,70 para permitir la caída de agua.

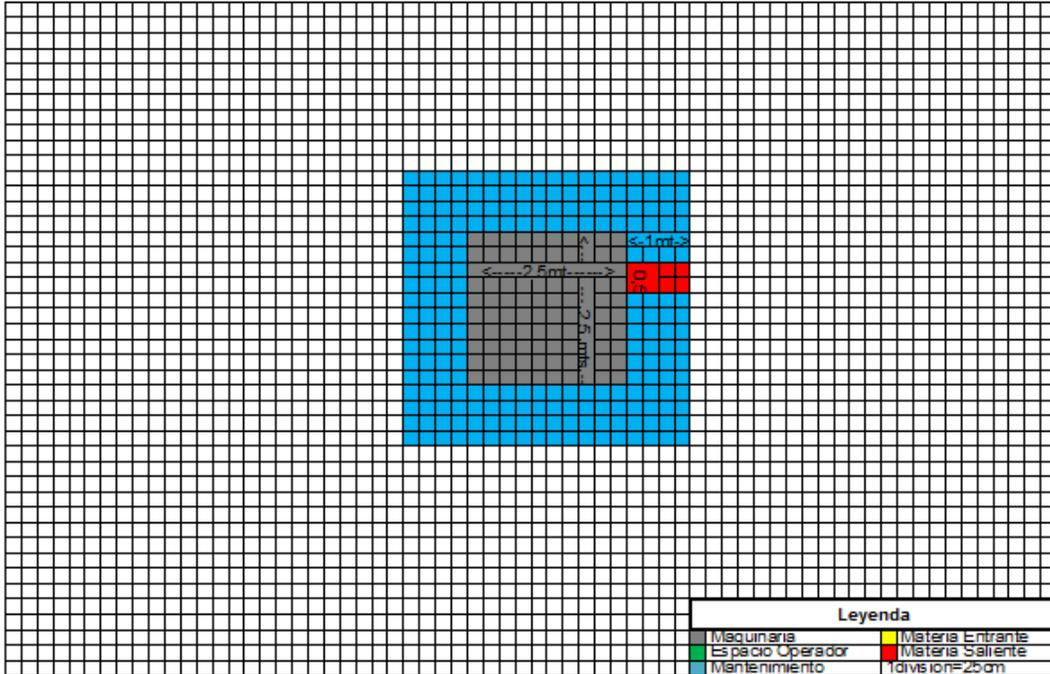
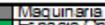
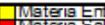
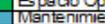
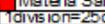
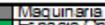
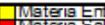
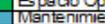
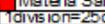
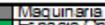
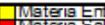
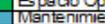
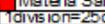
La capacidad y las dimensiones mínimas del lavamanos serán: largo 33 cm, ancho 23 cm, profundidad 13 cm y deberán estar de acuerdo con el uso propuesto, a juicio de la autoridad sanitaria competente.

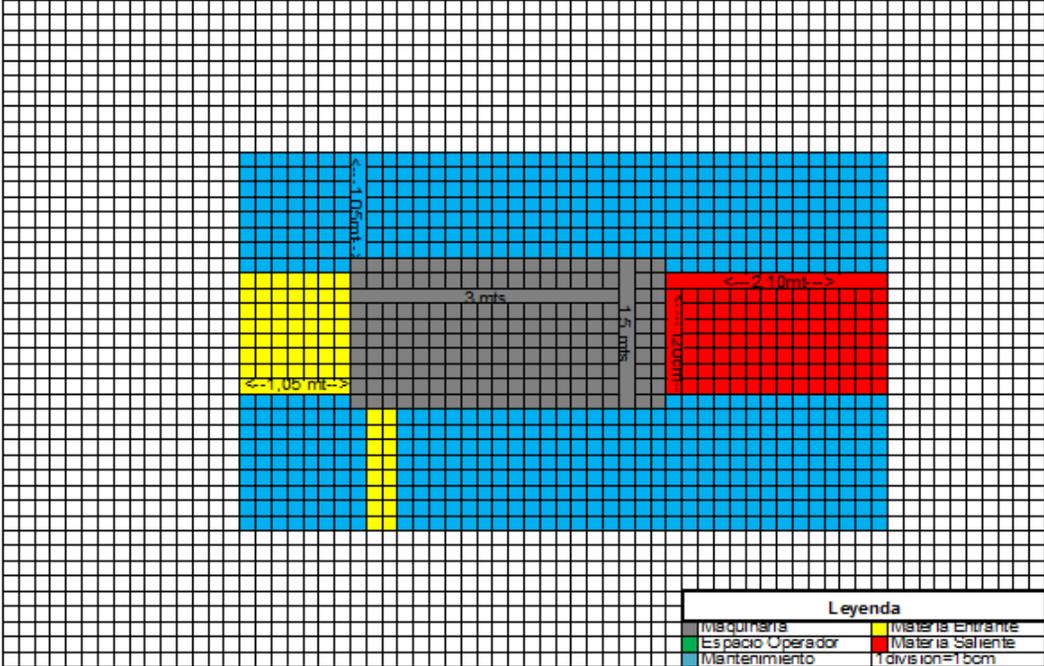
- **Almacén de Insumos:** de acuerdo a la capacidad de producción y a la materia prima que se necesite, para la elaboración de los filtros, rotando el inventario cada 3 meses, según la obtención del producto terminado.
- **Cuarto de Mantenimiento:** en este caso, al tener un solo piso para el área de la planta, se considera un espacio de 40 m², donde se colocaría todo lo referente a la limpieza de la planta y mantenimiento de las máquinas.
- **Comedor:** para un personal de 6 empleados en la planta, las consideraciones sanitarias y técnicas recomiendan un espacio de 10m², 6 m² de mesa para comer, y el resto área de utensilios y electrodomésticos necesarios, conjuntamente con los pasillos de comunicación.

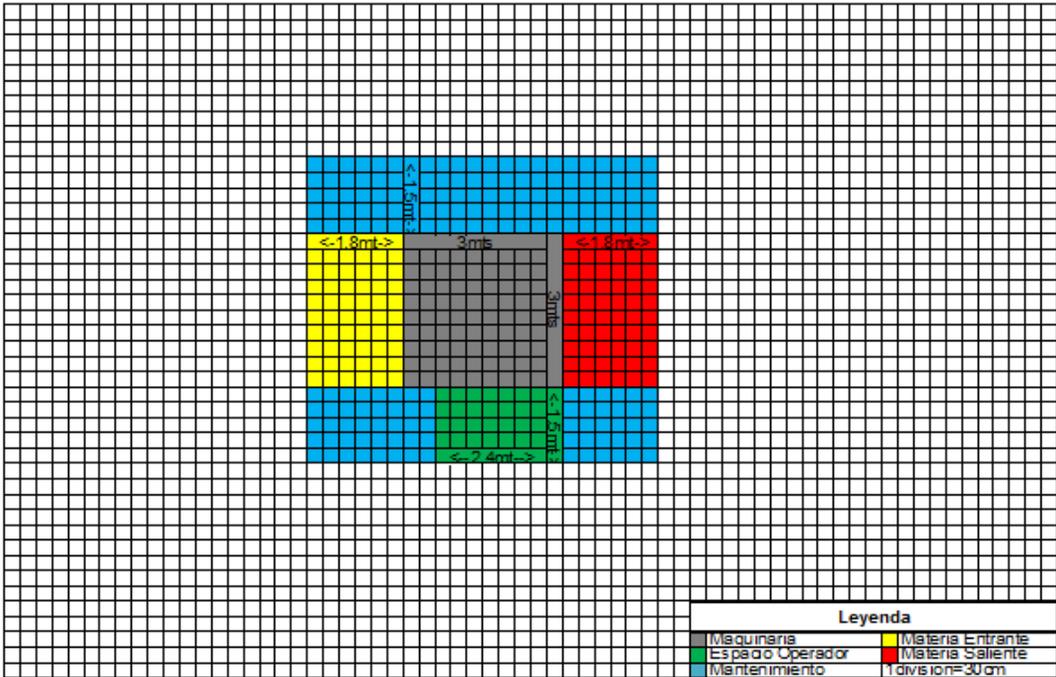
Anexo C: Fichas de Distribución de Maquinarias

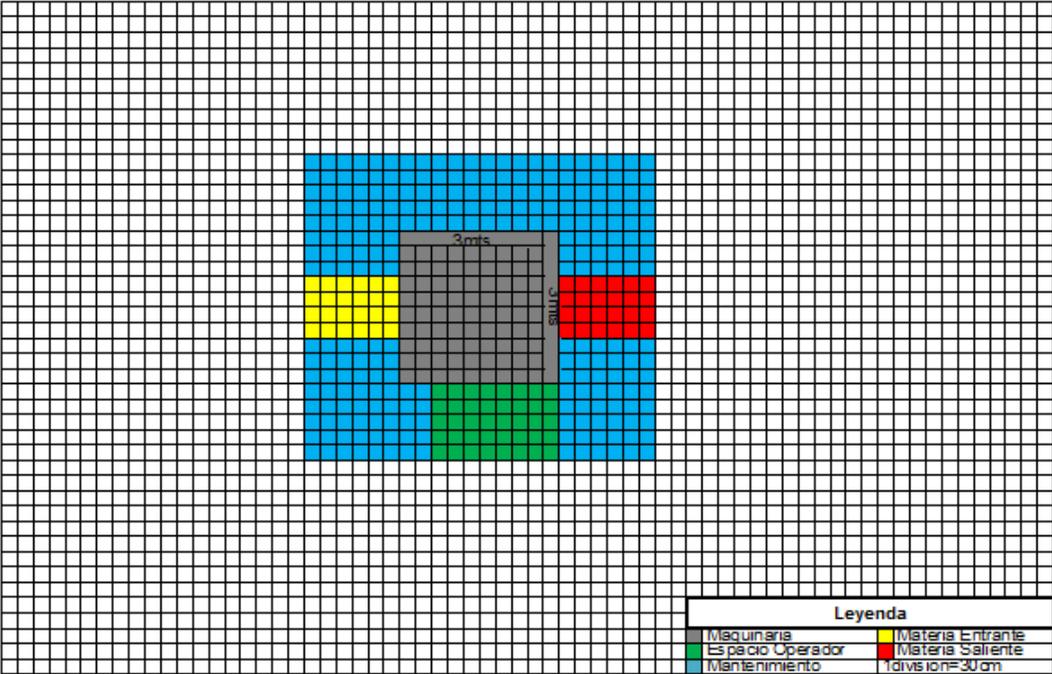
Datos para la distribución y espacios requeridos									
Planta: Filtros Cacao									
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio									
Agua: NO	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Silo	Núm. de máquina: 88818303						
Emanaciones: NO	Electricidad: NO	Fabricante: Henan China (Mainland)	Serial:						
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 16.8m ²							
									
		Legenda: <table border="1"> <tr> <td> Maquinaria</td> <td> Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td> Espacio Operador</td> <td> Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td> Mantenimiento</td> <td> 1 división=20cm</td> </tr> </table>		 Maquinaria	 Materia Entrante	 Espacio Operador	 Materia Saliente	 Mantenimiento	 1 división=20cm
 Maquinaria	 Materia Entrante								
 Espacio Operador	 Materia Saliente								
 Mantenimiento	 1 división=20cm								

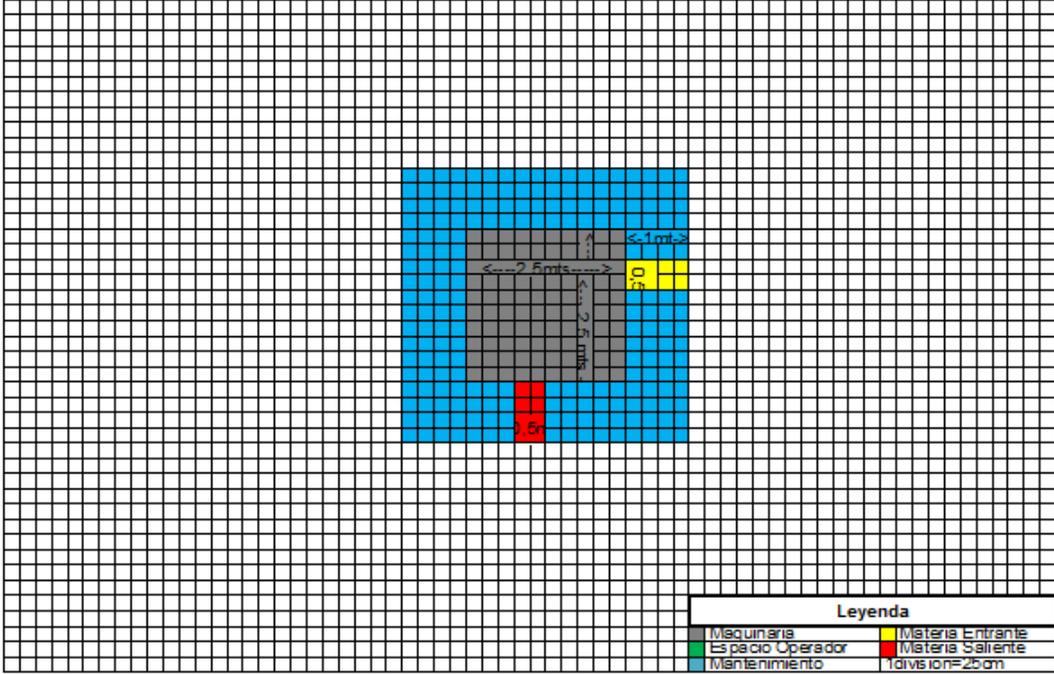
Datos para la distribución y espacios requeridos																			
Planta: Filtros Cacao																			
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio																			
Agua: NO	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Molino Vertical	Núm. de máquina:																
Emanaciones: NO	Electricidad: SI	Fabricante: Shanghai China (Mainland)	Serial:																
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 11.56m ²																	
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Leyenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: gray;">■</td> <td>Maquinaria</td> <td style="background-color: yellow;">■</td> <td>Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td style="background-color: green;">■</td> <td>Espacio Operador</td> <td style="background-color: red;">■</td> <td>Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td style="background-color: blue;">■</td> <td>Mantenimiento</td> <td style="background-color: white;">■</td> <td>División=10cm</td> </tr> </tbody> </table>		Leyenda				■	Maquinaria	■	Materia Entrante	■	Espacio Operador	■	Materia Saliente	■	Mantenimiento	■	División=10cm
Leyenda																			
■	Maquinaria	■	Materia Entrante																
■	Espacio Operador	■	Materia Saliente																
■	Mantenimiento	■	División=10cm																

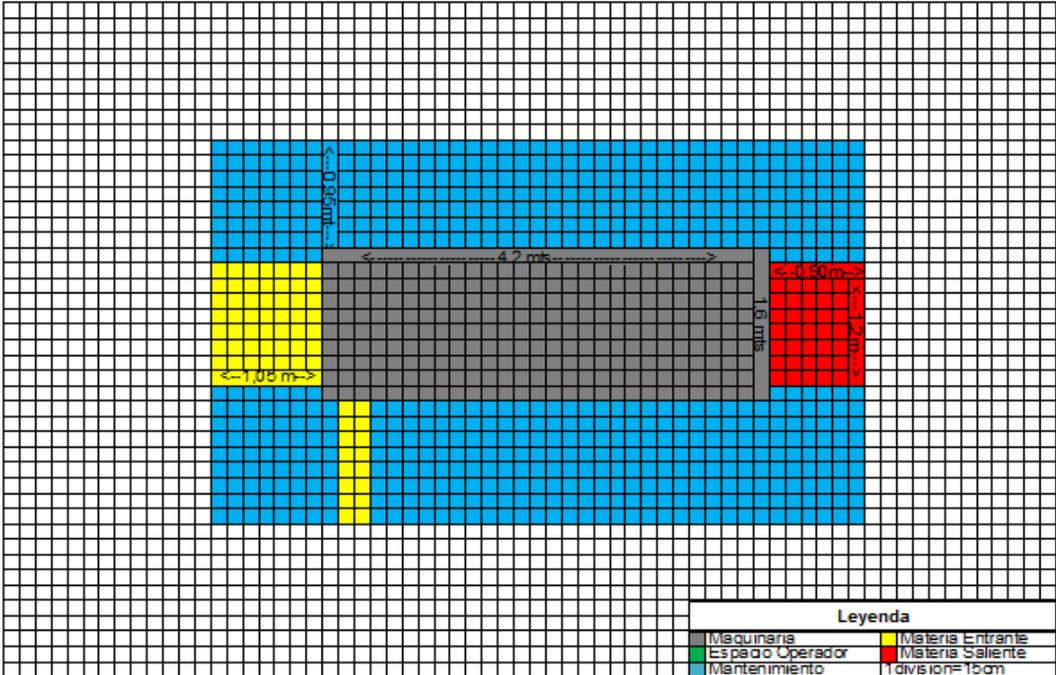
Datos para la distribución y espacios requeridos																			
Planta: Filtros Cacao																			
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio																			
Agua: NO	Drenes: SI	Nombre/Tipo: Tanque de activador	Núm. de máquina:																
Emanaciones: N/D	Electricidad: SI	Fabricante: Colempaques	Serial: 40R0917																
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 20.25m ²																	
																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Leyenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Máquina</td> <td></td> <td>Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Espacio Operador</td> <td></td> <td>Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mantenimiento</td> <td></td> <td>División=25cm</td> </tr> </tbody> </table>				Leyenda					Máquina		Materia Entrante		Espacio Operador		Materia Saliente		Mantenimiento		División=25cm
Leyenda																			
	Máquina		Materia Entrante																
	Espacio Operador		Materia Saliente																
	Mantenimiento		División=25cm																

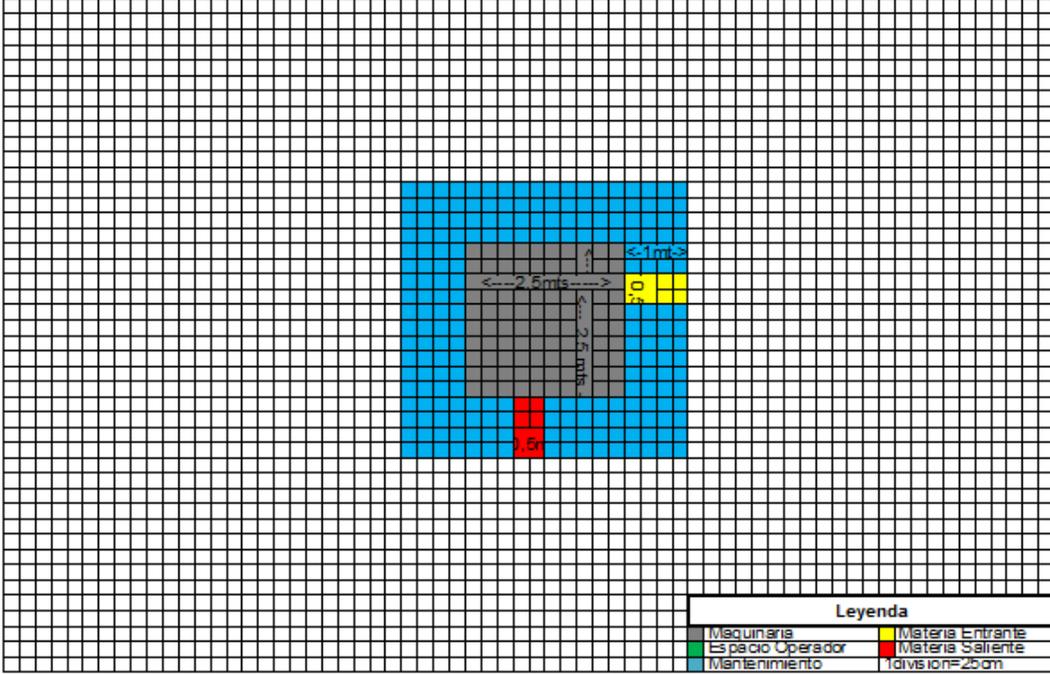
Datos para la distribución y espacios requeridos											
Planta: Filtros Cacao											
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio											
Agua: NO	Drenes: SI	Nombre/Tipo: Mezclador	Núm. de máquina:								
Emanaciones: SI	Electricidad: SI	Fabricante: Guangdong China (Mainland)	Serial: QZ-W1500								
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 22.14 m ²									
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Legenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: grey;">Máquina</td> <td style="background-color: yellow;">Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td style="background-color: green;">Espacio Operador</td> <td style="background-color: red;">Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td style="background-color: blue;">Mantenimiento</td> <td>1 división = 15cm</td> </tr> </tbody> </table>		Legenda		Máquina	Materia Entrante	Espacio Operador	Materia Saliente	Mantenimiento	1 división = 15cm
Legenda											
Máquina	Materia Entrante										
Espacio Operador	Materia Saliente										
Mantenimiento	1 división = 15cm										

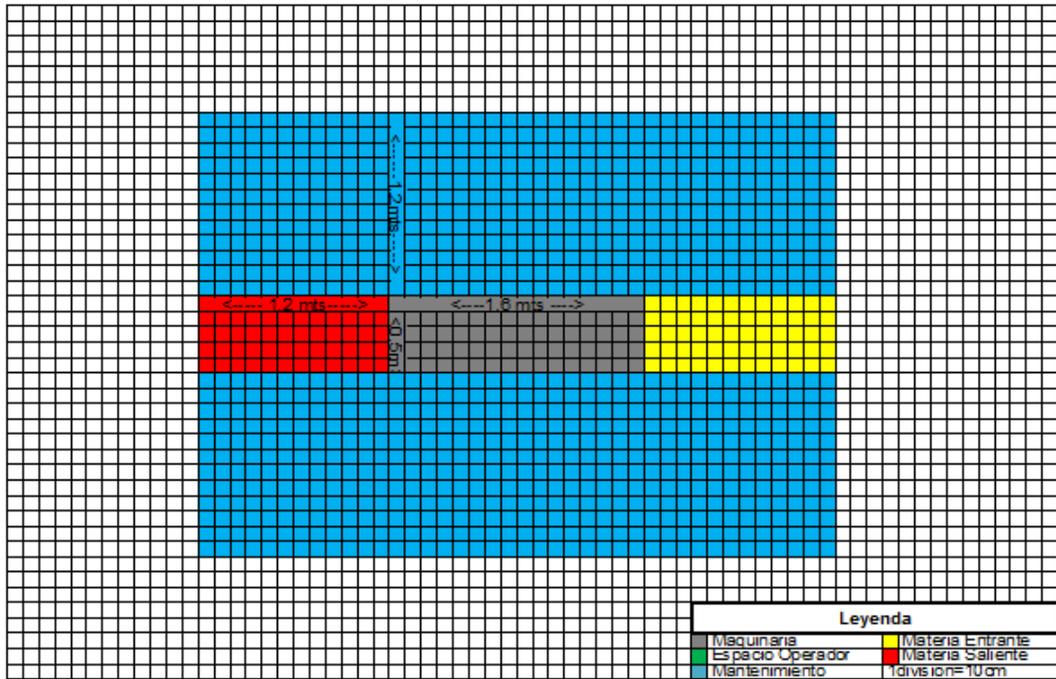
Datos para la distribución y espacios requeridos															
Planta: Filtros Cacao															
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio															
Agua: NO	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Horno de 180°C	Núm. de máquina:												
Emanaciones: SI	Electricidad: SI	Fabricante:	Serial:												
Gas: SI	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 39.06m ²													
															
		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Leyenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: gray;">■</td> <td>Máquina</td> <td style="background-color: yellow;">■</td> <td>Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td style="background-color: green;">■</td> <td>Espacio Operador</td> <td style="background-color: red;">■</td> <td>Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td style="background-color: blue;">■</td> <td>Mantenimiento</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1 división=30cm</td> </tr> </tbody> </table>		Leyenda		■	Máquina	■	Materia Entrante	■	Espacio Operador	■	Materia Saliente	■	Mantenimiento
Leyenda															
■	Máquina	■	Materia Entrante												
■	Espacio Operador	■	Materia Saliente												
■	Mantenimiento	1 división=30cm													

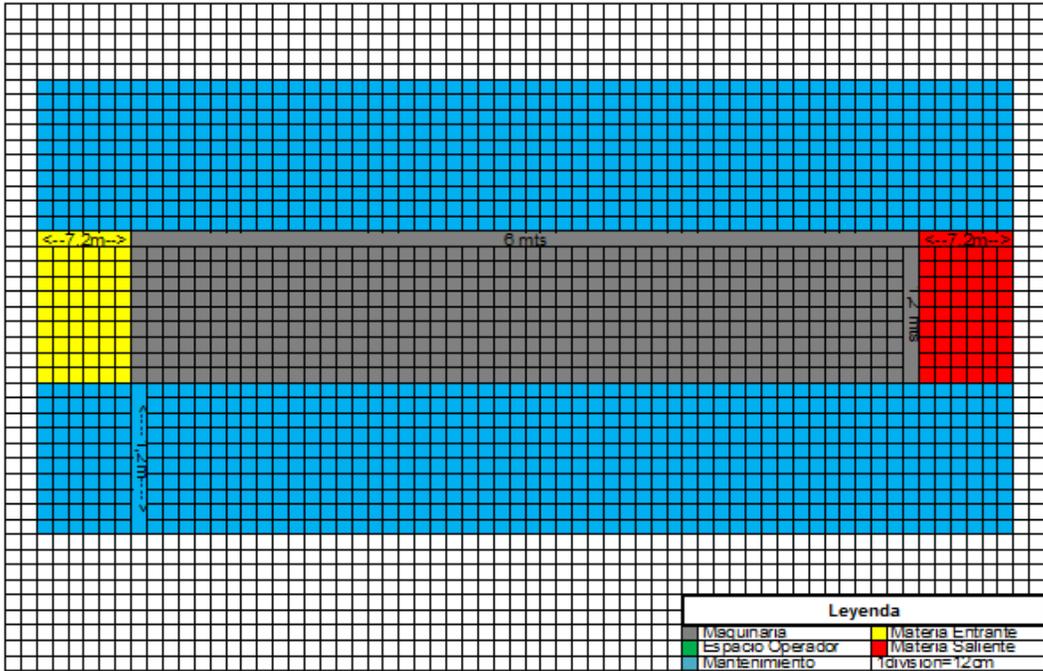
Datos para la distribución y espacios requeridos															
Planta: Filtros Cacao															
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio															
Agua: NO	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Homo de 480°C	Núm. de máquina:												
Emanaciones: SI	Electricidad: SI	Fabricante:	Serial:												
Gas: SI	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 39.06m ²													
															
<table border="1" style="float: right;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Leyenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: grey;"> </td> <td>Maquinaria</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;"> </td> <td>Espacio Operador</td> </tr> <tr> <td style="background-color: blue;"> </td> <td>Mantenimiento</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;"> </td> <td>Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;"> </td> <td>Materia Saliente</td> </tr> </tbody> </table>				Leyenda			Maquinaria		Espacio Operador		Mantenimiento		Materia Entrante		Materia Saliente
Leyenda															
	Maquinaria														
	Espacio Operador														
	Mantenimiento														
	Materia Entrante														
	Materia Saliente														

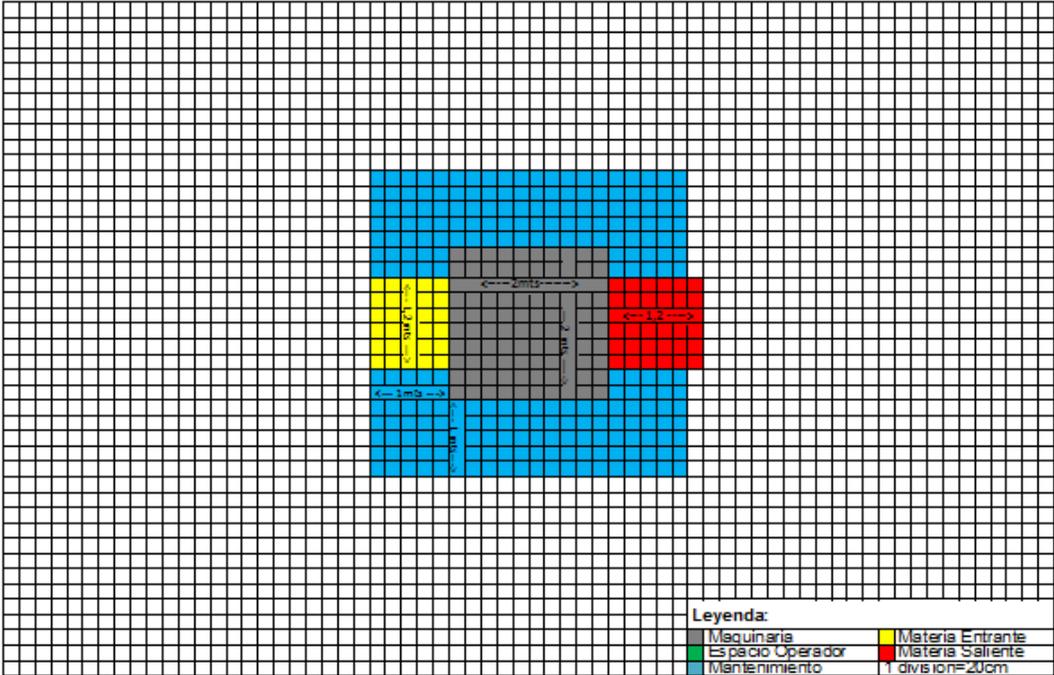
Datos para la distribución y espacios requeridos			
Planta: Filtros Cacao			
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio			
Agua: SI	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Tanque de agua para lavado	Núm. de máquina:
Emanaciones: NO	Electricidad: SI	Fabricante: Colempaques	Serial: 40R0917
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 20.25m ²	
			

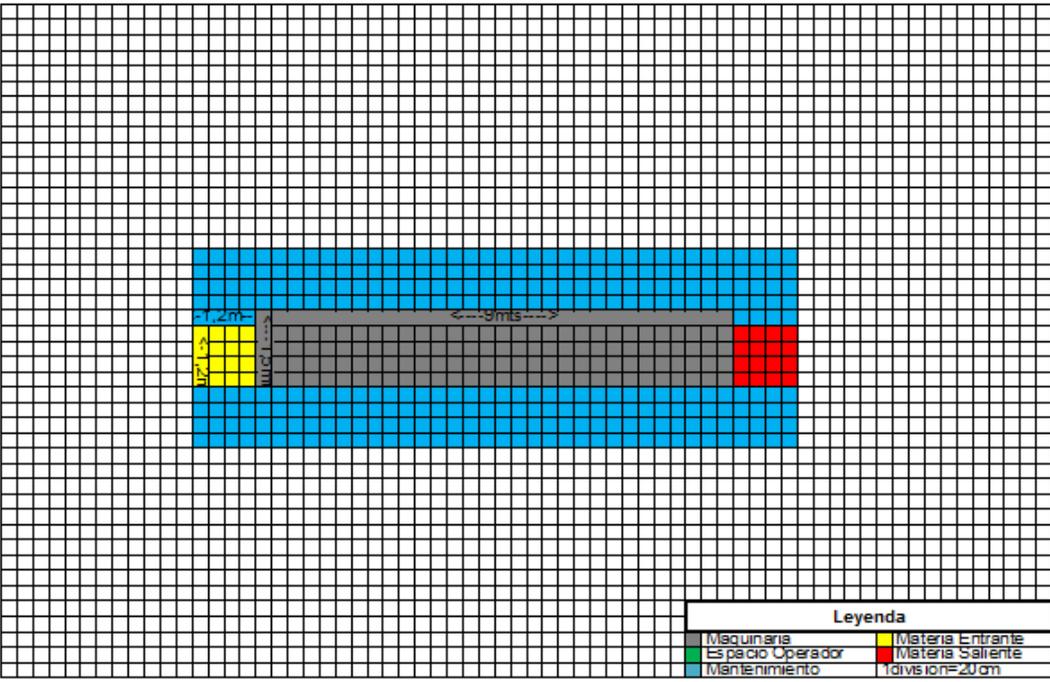
Datos para la distribución y espacios requeridos			
Planta: Filtros Cacao			
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio			
Agua: SI	Drenes: SI	Nombre/Tipo: Lavador químico	Núm. de máquina:
Emanaciones: SI	Electricidad: SI	Fabricante: Guangdong China (Mainland)	Serial: QZ-W1500
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 23.667m ²	
			

Datos para la distribución y espacios requeridos												
Planta: Filtros Cacao												
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio												
Agua: SI	Drenes: SI	Nombre/Tipo: Tanque de aguas residuales	Núm. de máquina:									
Emanaciones: SI	Electricidad: SI	Fabricante: Colempaques	Serial: 40R0917									
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 20.25m ²										
												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Leyenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Máquina</td> <td>Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td>Espacio Operador</td> <td>Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td>Mantenimiento</td> <td>División=25cm</td> </tr> </tbody> </table>					Leyenda		Máquina	Materia Entrante	Espacio Operador	Materia Saliente	Mantenimiento	División=25cm
Leyenda												
Máquina	Materia Entrante											
Espacio Operador	Materia Saliente											
Mantenimiento	División=25cm											

Datos para la distribución y espacios requeridos				
Planta: Filtros Cacao				
Preparado por: Br José L.Cortéz R/ Br. Deibys Limpio				
Agua: SI	Drenes: SI	Nombre/Tipo: Des-ionizante de aguas residuales	Núm. de máquina: DI-50	
Emanaciones: NO		Electricidad: SI	Fabricante: E&O	Serial:
Gas: NO		Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 11.6m ²	
				

Datos para la distribución y espacios requeridos			
Planta: Filtros Cacao			
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio			
Agua: NO	Drenes: SI	Nombre/Tipo: Secador rotatorio	Núm. de máquina: gmg
Emanaciones: NO	Electricidad: NO	Fabricante: Shangai	Serial:
Gas: SI	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 26.784m ²	
			

Datos para la distribución y espacios requeridos									
Planta: Filtros Cacao									
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio									
Agua: NO	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Silo	Núm. de máquina:						
Emanaciones: NO	Electricidad: NO	Fabricante: Henan China (Mainland)	Serial: 88818303						
Gas: NO	Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 16.8m ²							
									
<p>Legenda:</p> <table border="1"> <tr> <td>Maquinaria</td> <td>Materia Entrante</td> </tr> <tr> <td>Espacio Operador</td> <td>Materia Saliente</td> </tr> <tr> <td>Mantenimiento</td> <td>1 division=20cm</td> </tr> </table>				Maquinaria	Materia Entrante	Espacio Operador	Materia Saliente	Mantenimiento	1 division=20cm
Maquinaria	Materia Entrante								
Espacio Operador	Materia Saliente								
Mantenimiento	1 division=20cm								

Datos para la distribución y espacios requeridos			
Planta: Filtros Cacao			
Preparado por: Br José L.Cortéz R./ Br. Deibys Limpio			
Agua: NO	Drenes: NO	Nombre/Tipo: Máquina para cartuchos de filtros de carbón activo	Núm. de máquina:
Emanaciones: NO		Electricidad: SI	Fabricante: Shangai
Gas: NO		Estacionamiento: NO	Área bruta necesaria: 44.46m ²
			

Anexo D: Propuesta de expansión y adaptabilidad para distribución de maquinarias dentro del Área de Producción

Como se señaló en el Capítulo VI, se muestra a continuación la propuesta de expansión y adaptabilidad de la planta, en el caso que se requiera ampliar la capacidad de producción. En la Tabla 32 se observan las maquinarias necesarias con el presupuesto total, cabe acotar que dentro del espacio total de la planta (1800 m²) ya fueron tomados en cuenta estos espacios.

Tabla 32 Maquinarias para propuesta de expansión

Maquinaria	Cantidad (Unidades)	Bs.
Silo	1	5,040.00
Mezclador químico	1	31,500.00
Mezclador para lavado y filtrado	1	37,800.00
Secador rotatorio	1	37,800.00
Maquinaria para crear cartuchos	2	430,000.00
	Total	542,140.00

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 33, se muestran las cifras de la capacidad teórica de la planta con la propuesta de expansión.

Tabla 33 Capacidad teórica de la planta con la propuesta de expansión

Cantidad de cáscara de cacao procesada al año	589,45Tm
Capacidad de producción de carbón activado al año	261,71Tm
Capacidad de producción de filtros de carbón activado al año	2,629,000 Filtros
Porcentaje de aprovechamiento de cáscara de cacao.	44.4%
Espacio Total Requerido	NA

Fuente: Elaboración Propia

De igual forma se muestra en la Figura 24, el diagrama de maquinarias con la capacidad total y la capacidad en uso, de la planta con la propuesta de expansión.

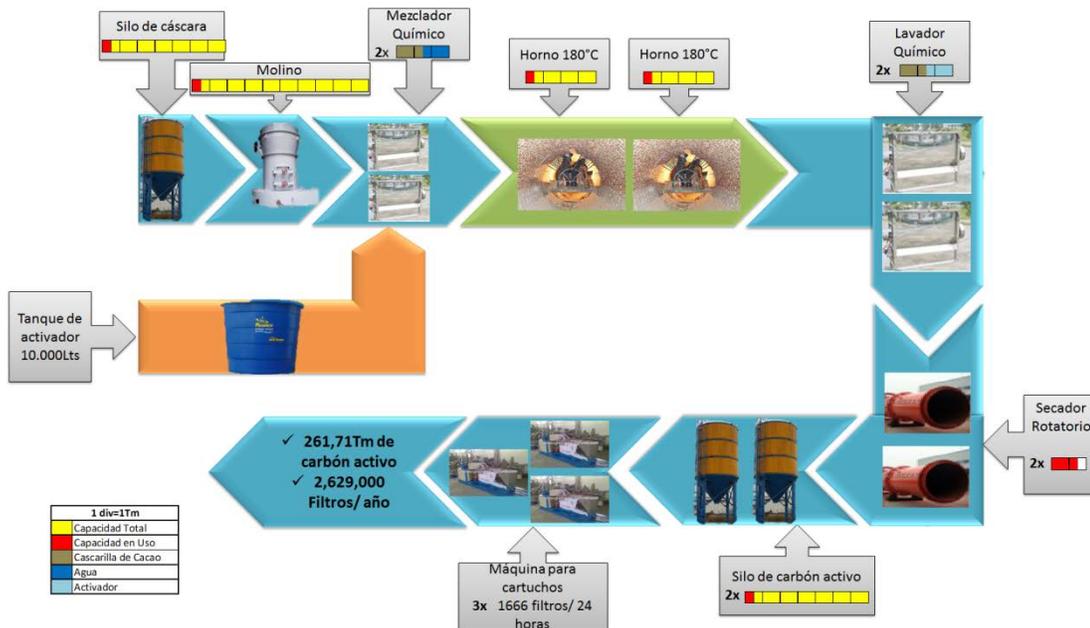


Figura 24 Diagrama de maquinarias y capacidad teórica de propuesta de expansión

Fuente: Elaboración Propia

Anexo E: Cotización de Maquinarias

Como se mencionó en el Capítulo VI, se muestra a continuación la cotización de las maquinarias en dólares (USD) y la conversión a bolívares, este presupuesto se realizó mediante consultas en la web, presentadas en la Tabla 34.

Tabla 34 Cotización de Maquinarias

Maquinaria	Cantidad (Unidades)	\$ (USD)	Bs
Silo	2	800	5,040
Molino vertical	1	500	3,150
Contenedor de activador	1	2,605.59	16,415.21
Mezclador químico	1	5,000	31,500
Horno 1	1	250	1,575
Horno 2	1	250	1,575
Contenedor de agua destilada	1	2,605.59	16,415.21
Mezclador para lavado y filtrado	1	6,000	37,800
Contenedor de agua residuales	1	2,605.59	16,415.21
Desionizadores regenerables	1	5,000-10,000	31,500-134,750
Secador rotatorio	1	6,000	37,800
Maquinaria para crear cartuchos	1	8,000 - 16,000	50,400-215,600

Anexo F: Diagrama de Nodos, Grilla de Distribución

Como se hace referencia en el Capítulo V, para la distribución de la planta, fue necesario evaluar los requerimientos de espacio de cada máquina y equipo involucrados, a partir de esto, se dimensionó cada área de la planta y con estas dimensiones se realizó el diagrama de nodos y la grilla de distribución.

A continuación se presentan las opciones de diagrama de nodos y de grilla elaborados, con la respectiva matriz de eficiencia realizada a partir de la cuantificación de las prioridades existentes entre las áreas, para ello se le asignó un valor numérico a cada una, estos valores se muestran en la Tabla 35, por último se seleccionó la opción que tuviese el valor más pequeño en la matriz de eficiencia.

Tabla 35 Valores numéricos de relación entre áreas

Código	Valor Numérico
A	4
E	3
I	2
O	1
U	0
X	-4

Fuente: Elaboración Propia

Opción 1:

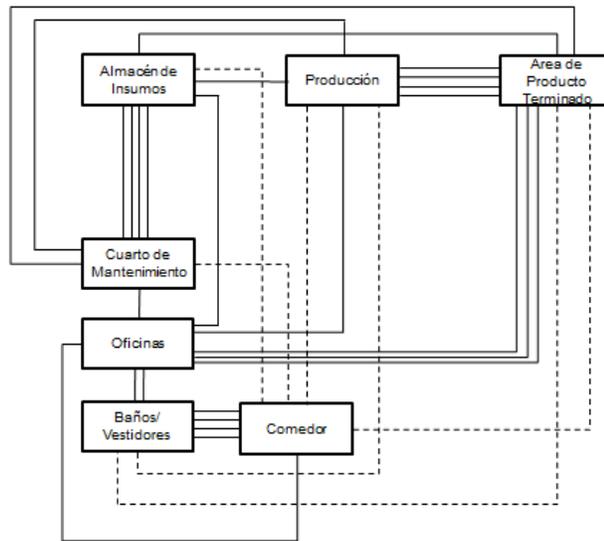


Figura 25 Opción 1 del diagrama de nodos para la planta

Fuente: Elaboración Propia

1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	5	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	5	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	6	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Áreas	
1	Producción
2	Almacén de Producto Terminado
3	Oficinas
4	Baños/Vestidores
5	Almacén de Insumos
6	Cuarto de Mantenimiento
7	Comedor

Figura 26 Opción 1 de la grilla de distribución para la planta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36 Matriz de eficiencia de la opción 1

	1	2	3	4	5	6	7	Suma
1		0	0	-4	0	0	-4	-8
2	0		12	-20	4	4	-20	-20
3	0	12		0	1	0	0	13
4	-4	-20	0		0	0	0	-24
5	0	4	1	0		0	-8	-3
6	0	4	0	0	0		-4	0
7	-4	-20	0	0	-8	-4		-36
								-78

Fuente: Elaboración Propia

Opción 2:

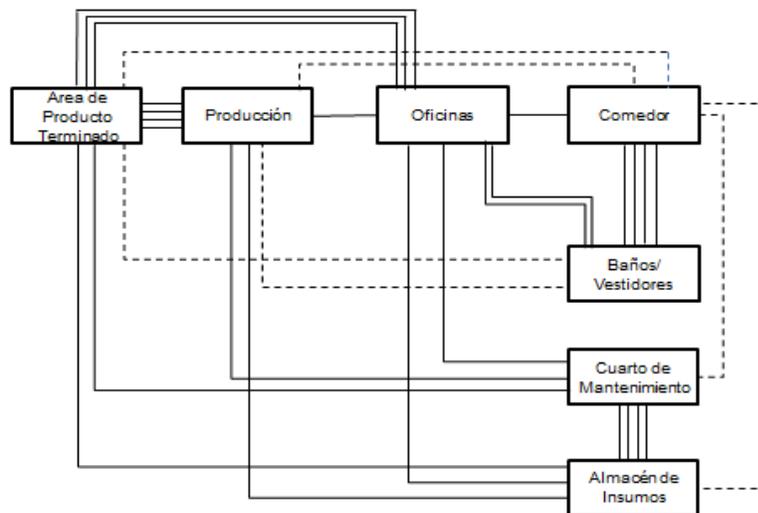


Figura 27 Opción 2 del diagrama de nodos para la planta

Fuente: Elaboración Propia

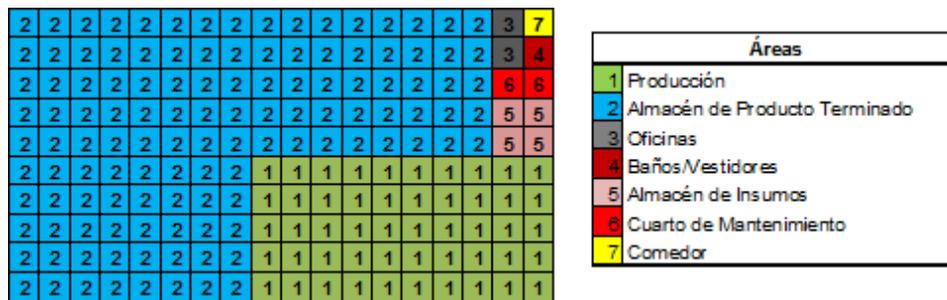


Figura 28 Opción 2 de la grilla de distribución para la planta

Fuente: Elaboración Propia

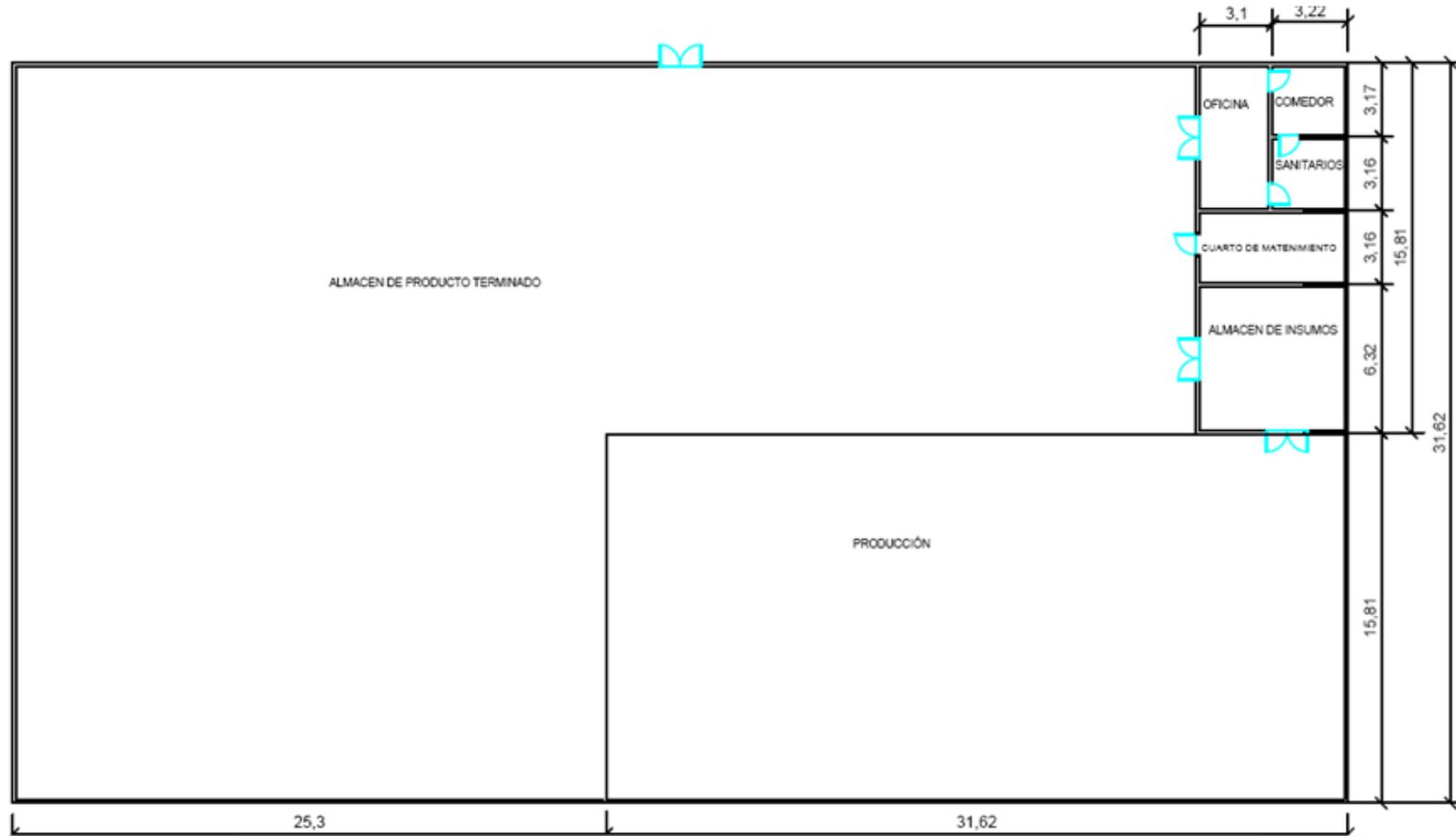
Tabla 37 Matriz de eficiencia de la opción 2

	1	2	3	4	5	6	7	Suma
1		0	3	-12	0	2	-16	-23
2	0		0	-4	0	0	-4	-8
3	3	0		0	1	0	0	4
4	-12	-4	0		0	0	0	-16
5	0	0	1	0		0	-8	-7
6	2	0	0	0	0		-4	-2
7	-16	-4	0	0	-8	-4		-32
								-84

Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los resultados de las tablas 36 y 37, se puede observar que la opción 2 resulta más eficiente para la distribución de espacios, por lo que se escogió esta forma para la distribución de maquinarias y espacios de la planta.

Anexo G: Layout de la planta



Layout del Área de Producción de la Planta

