



ISBN: 978-99923-988-9-0

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN
INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE TINTE
BASADO EN AÑIL**

SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES

SEDE CENTRAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA CONFECCIÓN INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DOCENTE INVESTIGADOR RESPONSABLE: ING. RICARDO SALVADOR GUADRÓN

DOCENTE INVESTIGADOR PARTICIPANTES: ING. MARIO ALFREDO MAJANO

LICDA. CECILIA ELIZABETH REYES DE CABRALES

TÉC. HÉCTOR ROSALES

SANTA TECLA, SEPTIEMBRE 2012



ISBN: 978-99923-988-9-0

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE TINTE BASADO EN AÑIL

SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES

SEDE CENTRAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA CONFECCIÓN INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DOCENTE INVESTIGADOR RESPONSABLE: ING. RICARDO SALVADOR GUADRÓN

DOCENTE INVESTIGADOR PARTICIPANTES: ING. MARIO ALFREDO MAJANO

LICDA. CECILIA ELIZABETH REYES DE CABRALES

TÉC. HÉCTOR ROSALES

SANTA TECLA, SEPTIEMBRE 2012

Autoridades

Rectora

Licda. Elsy Escolar Santo Domingo

Vicerrector Académico

Ing. José Armando Oliva Muñoz

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo de Zaldaña

Equipo Editorial

Lic. Ernesto Girón

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. Jorge Agustín Alfaro

Licda. María Rosa de Benitez

Licda. Vilma Cornejo de Ayala

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Lic. Ernesto José Andrade

Sra. Edith Cardoza

Autores

Ing. Ricardo Salvador Guadrón

Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero

Licda. Cecilia Elizabeth Reyes de Cabrales

Téc. Héctor Rosales

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado por el Sistema Bibliotecario ITCA - FEPADE

667.3

I38

Industrialización del proceso de obtención de tinte basado en añil / Por Ricardo Salvador Guadrón... [et al.] – Santa Tecla, El Salvador: ITCA - EDITORES, 2012.

117 p.: il. ; 28 cm.

ISBN: 978-99923-988-9-0

1. Añil 2. Industrialización. 3. Química de tintes. I. Guadrón, Ricardo Salvador II. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

El Documento **Industrialización del proceso de obtención de tinte basado en añil**, es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE. Este informe de investigación ha sido concebido para difundirlo entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de la investigación puede ser reproducida parcial o totalmente, previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE o del autor. Para referirse al contenido, debe citar la fuente de información. El contenido de este documento es responsabilidad de los autores.

Sitio web: www.itca.edu.sv

Correo electrónico: biblioteca@itca.edu.sv

Tiraje: 16 ejemplares

PBX: (503) 2132 – 7400

FAX: (503) 2132 – 7423

ISBN: 978-99923-988-9-0

Año 2012

INDICE

CONTENIDO	Página.
1 INTRODUCCIÓN.....	7
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
2.1 Definición del problema.....	8
2.2 Justificación de la investigación.....	9
2.3 Objetivos.....	10
2.3.1 Objetivo General.....	10
2.3.2 Objetivos Específicos.....	10
3 MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
3.1 Las materias primas y materiales.....	14
3.2 Proceso de fabricación del tinte	14
4 HIPOTESIS.....	16
5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	20
6.1 Experimentos.....	20
6.2 Diseño mecánico de la máquina	23
6.2.1 Características de la estructura	23
6.2.2 Cálculo de esfuerzos en las soldaduras de las bases	26
6.2.3 Cálculo de esfuerzo de compresión en las patas de la estructura.....	28
6.2.4 Cálculo de pandeo	29
6.3 Cálculo de álabes.....	29
6.3.1 Análisis mecánico del agitador.....	29
6.3.2 Análisis del esfuerzo en la soldadura	30
6.3.3 Análisis hidráulico de los álabes.....	31
6.3.3.1 Álabes rectos	31
6.3.3.2 Álabes elípticos.....	32
6.4 Diseño eléctrico y electrónico	34
6.4.1 Determinación de la potencia necesario para el calentamiento de líquidos utilizados en la producción de tinte de añil	34
6.4.2 Descripción del control electrónico de temperatura.....	35
6.4.3 Descripción del sensor de temperatura.....	35
6.4.4 Descripción del visor de cada tanque.....	35
6.5 Evaluación de la maquinaria.....	36
6.5.1 Parámetros constantes en el control de la temperatura.....	36
6.5.2 Funcionamiento de la agitación.....	36
6.5.3 Dispositivos de seguridad para protección del operador y de la máquina	38
6.5.4 Ahorro de energía eléctrica por el aislante térmico de los tanques.....	38

CONTENIDO	Página.
6.6 Evaluación del proceso	39
6.6.1 Pasos de fabricación	39
6.6.2 Porcentajes de grados brix y pH	39
6.7 Evaluación de la formula	41
6.7.1 Materias primas y materiales	41
6.7.2 Capacidad mordiente	41
6.8 Evaluación del tinte	42
6.8.1 La eficiencia de producción del tinte	42
6.8.2 Coloración	42
7 CONCLUSIONES	44
8 RECOMENDACIONES	45
9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
10 ANEXOS	50
ANEXO 1	
FABRICACIÓN ARTESANAL DEL TINTE	51
ANEXO 2	
MAQUINARIA INDUSTRIAL Y HERRAMIENTAS PARA FABRICAR EL TINTE.	56
ANEXO 3	
MATERIA PRIMA Y MATERIALES	64
ANEXO 4	
INVESTIGACIÓN DE CAMPO	68
ANEXO 5	
PRUEBAS QUÍMICAS	71
ANEXO 6	
FUERZA MORDIENTE	83
ANEXO 7	
DIAGRAMA DE PROCESOS	86
ANEXO 8	
DIAGRAMA ELÉCTRICO	88
ANEXO 9	
EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA Y DEL PROCESO	90
ANEXO 10	
COSTOS DEL PROYECTO	94
ANEXO 11	
PLANOS	97
GLOSARIO TÉCNICO	110

1. INTRODUCCIÓN:

El añil, conocido también como xiquilite o índigo es un tinte de color azul, de origen vegetal que fue utilizado en la fabricación de textiles en Europa y los Andes, en El Salvador se produjo y procesó tanto por grandes como por pequeños agricultores. Las provincias coloniales de San Salvador y Sonsonate se convirtieron en centros de producción, en tanto que los comerciantes de la ciudad de Guatemala y, en menor grado, de San Vicente, San Miguel y San Salvador, controlaban la mayor parte del financiamiento y la comercialización del producto.

En la actualidad algunos países están interesados en la reactivación del tinte para fines comerciales.

El presente trabajo busca la forma de industrializar la producción del tinte de añil, para facilitar a las personas el trabajo de teñido al proporcionarles el tinte, producto que como tal no existe actualmente en el mercado.

Los beneficiarios del proyecto serán artesanos, pequeñas y microempresas dedicadas al teñido con añil; en general, el campo de aplicación se da en la industria textil que labora con productos naturales como seda, algodón, lana, etc.

Debido a la necesidad de las empresas familiares de buscar un sustento a través del teñido de textiles, el ITCA-FEPADE se propuso diseñar e implementar el proceso industrializado de obtención de tinte basado en añil para facilitar el trabajo de los teñidores, es por eso que se plantea el siguiente trabajo.

La investigación se realizó siguiendo los pasos establecidos en el método científico:

- **Recopilación de información.**

Se realizó la recopilación de información secundaria.

- **Análisis de información.**

Transformación de los datos en información relevante.

- **Descripción del proceso industrial.**

Forma de elaborar el tinte orgánico utilizando materiales nacionales.

- **Diseño y construcción de la máquina.**

Cálculo, dibujos, pruebas de la estructura y fabricación de piezas y ensamble de la máquina.

- **Implementación.**

Esta etapa consiste en el montaje de una línea industrial de producción para la obtención del tinte.

- **Evaluación de los resultados.**

Esta etapa consiste en la realización de pruebas y evaluación de resultados.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

2.1. Definición del problema

De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador¹, en la época de la colonia la explotación del Añil o Jiquilite constituyó una pujante actividad económica para El Salvador. Sin embargo, su importancia en el comercio de colorantes cayó drásticamente debido al ingreso en el mercado de sustitutos sintéticos, cuyos precios más bajos y sus buenas propiedades para la industria definieron un posicionamiento mejor que el de los colorantes naturales.

El Añil, es un arbusto² de 1 a 2 metros de altura, de tallo erguido con hojas simples ovaladas que miden de 1 a 2 cm. De color verde oscuro, sus flores son rosadas o amarillentas, prolifera en climas templados, cálidos y suelos pobres de materia orgánica.

En la actualidad algunos países europeos y asiáticos buscan reactivar la utilización de productos biodegradables como el añil.³

En el país se han realizado los siguientes esfuerzos para reactivar el uso del añil:

- a) Creación de asociaciones de artesanos.
- b) Promoción del cultivo y extracción del añil.
- c) Diversas investigaciones de instituciones nacionales y extranjeras para verificar la calidad del tinte.
- d) Proyectos financiados con agencias de cooperación internacional para impulsar la reactivación.

Las informaciones disponibles sobre añil se documentan en estudios de autores o entidades tales como:

Natural dyeing, Characteristics of Color Produced by Natural and synthetic indigo y colorantes naturales.

¹Informe del MAG: <http://www.agronegocios.gob.sv/tlc/news/docs/A%C3%B1il.pdf>

² Ver Anexo 4, Arbusto de añil, figura 25. *Indigofera guatemalensis*

³ Entidades como JICA, JETRO, GTZ e IICA apoyan esta aseveración.

2.2. Justificación de la Investigación:

Tanto dentro como fuera de El Salvador, existe un interés justificado por el teñido de telas con productos naturales, por lo que se están desarrollando actividades tendientes a divulgar las técnicas de teñido; de este modo cada día mas personas conocen y se dedican a este rubro, ya sea por afición personal o como una manera de obtener ingresos con la venta de sus artesanías, ya que tienen un alto valor comercial por ser piezas exclusivas, hechas a mano y con materiales que reducen el impacto al medio ambiente .

Sin embargo, cada persona o empresa que quiere hacer el teñido de una prenda debe preparar su propio tinte, lo que ocasiona dificultades por los utensilios y materiales necesarios para su elaboración y mantenimiento.

La industrialización del proceso de elaboración del tinte en base a añil es de gran importancia para facilitar a las personas el trabajo de teñido al proporcionarles el tinte, producto que como tal no existe actualmente en el mercado.

Los fines que se persiguen al industrializar la elaboración del tinte son:

- a) Generar un producto innovador que facilite el proceso de teñido.
- b) Aumentar la oferta de tinte como producto terminado.
- c) Lograr un producto con características normalizadas.
- d) Colaborar con la difusión del teñido con productos naturales para preservar mejor el medio ambiente.

La demanda internacional no es suficiente para consumir todo el añil en polvo que El Salvador produce, sin embargo, los artesanos nacionales pueden exportar prendas de vestir teñidas con nuestro añil el cual si puede ser demandado en grandes cantidades por diferentes naciones, la nación de mayor consumo mundial, Estados Unidos de América puede comprar dichos productos bajo las nuevas reformas de la ICC en el TLC con partidas arancelarias de tela regional y productos no tradicionales.

Los beneficiarios del proyecto serán artesanos, pequeñas y microempresas dedicadas al teñido con añil; en general, el campo de aplicación se da en la industria textil que labora con productos naturales como seda, algodón, lana, etc.

2.3 Objetivos:

2.3.1 Objetivo General:

2.3.1.1 Diseñar e implementar el proceso industrial de obtención de tinte basado en añil.

2.3.2 Objetivos específicos:

2.3.2.1 Desarrollar la formulación adecuada, utilizando productos orgánicos para la obtención de tinte basado en añil.

2.3.2.2 Diseñar y establecer un proceso apropiado para producir el tinte orgánico basado en añil.

2.3.2.3 Diseñar e implementar un prototipo para la producción industrial del tinte.

3 MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN:

Se puede definir la tintura como aquel proceso durante el cual una materia textil puesta en contacto con la solución o dispersión de un colorante, adsorbe a éste de tal forma que el cuerpo teñido tiene alguna resistencia a devolver la materia colorante del baño del cual la adsorbió.

Esta resistencia a devolver el colorante es una consecuencia de la energía de su unión, dependiendo a su vez de las relaciones existentes entre las estructuras moleculares de dichos cuerpos y de la forma como se ha efectuado la tintura. Se ha podido apreciar que el colorante penetra en el interior de la fibra y que cuanto más ha penetrado, más íntima es su unión y más resistencia opone a ser apartado de ella.

Las fibras naturales pueden ser divididas de la siguiente manera:

- i) Celulosas: algodón, lino, yute, etc. Todas estas derivadas de fuentes vegetales y constituidas principalmente por celulosa, materia estructural de las plantas.
- ii) Proteicas: lana, seda y fibras de pelo de animales.

Las principales clases de fibras se pueden clasificar de acuerdo a su afinidad a ciertos colorantes.

Cuando se examina la constitución de todas las fibras, se encuentra que sus moléculas están agrupadas formando polímeros lineales. Por ejemplo la lana y la seda son polipéptidos, las fibras vegetales son compuestos de polielobiosa y el nylon es una poliamida, de tal forma que los filamentos fibrilares están orientado por regla general, a lo largo del eje de estas macromoléculas, dependiendo de la forma y magnitud de esta orientación determinadas propiedades físicas, así como su mayor o menor aptitud para la tintura.

Generalmente las tinturas se efectúan en medio acuoso y se observa que cuando una fibra textil se sumerge en el agua tiene tendencia a "hincharse" más o menos, según los grupos hidrofílicos de la molécula.

Los rayos X demuestran que los espacios de las cadenas cristalinas en las fibras no muestran variación cuando la fibra está en estado seco o húmedo y que, por consiguiente, es necesario buscar la causa del "hinchamiento" de la fibra en la sustancia amorfa, de forma tal que el poro que la constituye aumenta extraordinariamente de tamaño al encontrarse la fibra en estado húmedo, facilitando la difusión del colorante hacia el interior de la fibra.

Prácticamente puede probarse esta afirmación tomando fibras completamente secas e introducir las a la vez que otras húmedas en una solución alcohólica de un colorante directo. Las primeras permanecen incoloras, no así las segundas.

Es evidente que si podemos disponer de una apreciación de la magnitud de dichos poros y de la longitud de las moléculas colorantes, podemos deducir *a priori* si la tintura puede o no efectuarse.

La valoración del tamaño de los poros en las fibras es de gran dificultad y sólo han podido hallarse valores aproximados. Estos se han logrado mediante medidas de permeabilidad, tanto en estado seco como en húmedo, pudiéndose constatar todo lo dicho anteriormente sobre el aumento en el tamaño de los poros cuando las fibras se encuentran en estado húmedo.

Clasificación de los colorantes naturales.

Los colorantes naturales se pueden agrupar en diferentes formas: por sus características físicas, su composición química, son los más importantes.

Atendiendo sus características físicas:

- i) **Colorantes directos:** Son los grupos de colorantes de antocianina, carotinoide, etc. Derivados de calcona. Los colorantes son obtenidos de una solución acuosa y esta extracción se usa directamente para teñir o pintar en frío o en caliente. A veces se usan sustancias auxiliares como ácidos o sales.
- ii) **Mordentados:** Este tipo de colorantes no tienen por sí mismo el poder de entintar, solo con un tratamiento especial de sales metálicas solubles que reaccionan sobre la fibra. Esta técnica se aplica a la mayoría de las plantas que dan color como la gardenia, rubia, cochinilla, palo de Campeche y de Brasil, etc.
- iii) **Tipo de Reducción:** Derivados del Indol, estas materias colorantes se encuentran en el interior de los cuerpos vegetales o animales, pero son insolubles, para darles solubilidad, se les aplica una sustancia reductora, obteniéndose una solución incolora que se aplica a la fibra y después, mediante una oxidación aparece el color, como ejemplo está el añil.
- iv) **Pigmentos:** Polvos de materiales minerales, son insolubles que no tienen poder de entintar, por lo cual sólo pueden utilizarse mezclándose con otro cuerpo, como el engrudo, cola, resina, caseína, clara de huevo, etc., con los que se forma una pasta para pintar.

Usos tradicionales.

- i) **Untado directamente sobre la fibra:** Se aprovecha directamente el color de la fibra.
- ii) **Exprimidos:** El caracol púrpura (caracol de mar) da un color que aparece por oxidación con el aire.
- iii) **Aprovechamiento de colorantes naturales rojos de la cochinilla** mediante la aplicación de mordientes y calor.

- iv) Cocción de colorantes: Por extracto de cocción aparecen varios tonos con el uso de mordientes, como por ejemplo la flor de dalia.
- v) Separación del colorante: Las sustancias que permiten su separación pueden ser ácidas o cenizas

Atendiendo sus características químicas:

- i) Colorantes flavonoides. Son cuatro grupos principales.

Grupo	Color	Procedencia
Flavonol	Amarillo	Bidens
Flavonona	Crema y amarillo	Perejil
Calcona	Rojo y amarillo	Cárcamo
Antocianina	Rojo y violeta	Tinantía

Tabla 1

- ii) Colorantes Carotenoides.

Grupo	Color	Procedencia
Caroteno	Anaranjado	Zanahoria
Xantofila	Amarillo	Achiote

Tabla 2

- iii) Colorantes tipo quinona. Son dos Grupos:

Grupo	Color	Procedencia
Antroquina	Rojo	Cochinilla
Naftoquinona	Violeta	Henna

Tabla 3

- iv) Derivados de Indol: color azul proveniente del añil
- v) Derivados de Delfinidina: color azul proveniente de la hierba de pollo
- vi) Derivados de Dihidropilano: color rojo y violeta proveniente del palo de Brasil.
- vii) Grupo Betaleina: color rojo proveniente del betabel
- viii) Grupo Xntonas: color amarillo proveniente de algunos líquenes.
- ix) Grupo Tanino-Pirogallo: color café proveniente del castaño.
- x) Grupo Clorofila: Color verde proveniente de las plantas verdes.

3.1 Las materias primas y materiales.

Composición química.

La planta de añil contiene un glucósido natural incoloro que se llama indicán.

Por maceración con agua se hidroliza el glucósido. La hidrólisis enzimática elimina la glucosa y libera el indoxilo. Al teñir y reducirse ante la presencia de un álcali, produce un leuco (análogo a un fenol) da una solución incolora. Este leuco índigo es absorbido por enlaces de hidrógeno y al exponerse al aire se oxida y se vuelve insoluble produciendo una tinta sólida de color azul.

El añil contiene indirrubina o rojo de índigo, indihumina o pardo de índigo, sustancia gelatinosa, materiales nitrogenados y sales minerales como arena, silicato, calcio, potasio, manganeso, hierro, etc. El de buena calidad, no debe producir más del 70% de ceniza ligera, flota sobre el agua y es de color azul oscuro con reflejos cobrizos metálicos adherente a la piel. La indigotina calentada a 290°C se sublima, casi inalterada en el vacío, insoluble en agua, alcohol frío, éter, ácidos diluidos y aceites grasos.

Se disuelve en piridina, ácido acético glacial, nitro-benzol, ácido sulfúrico concentrado formando según las condiciones en que se opera, ácido mono, di, tri ó tetrasulfoindigotico.

El pigmento extraído de la planta de añil debe cumplir una norma de pureza denominada indigotina, dicha norma se valora a través de una marcha química, obteniendo porcentaje de pureza⁴.

3.2 El proceso de fabricación del tinte.

Según algunos teñidores nacionales y japoneses hablaban de la elaboración del tinte con añil como un proceso de fermentación de donde un microorganismo llamado *Jantibacterian lividum* era la encargada de formar la coloración azul. Algunos teñidores salvadoreños decían que las bacterias debían de morir para crear el pigmento azul y otros sostenían que eran los desechos de los microorganismos los que producían el pigmento, sin embargo los análisis realizados en la investigación para la elaboración del tinte con añil de manera orgánica, dieron un resultado diferente a dichas aseveraciones anecdóticas.

Al investigar acerca de la bacteria solo encontramos breves reseñas sin evidencia alguna. Los resultados de la investigación determinan que el colorante se fundamenta en una reacción enzimática parecida a la de la obtención del alcohol pues se probaron formulas con alcohol etílico que producen el tinte de la misma forma que se hace orgánicamente.

⁴ Ver anexo 5 para la marcha química, IMAGEN I E IMAGEN II.

El diagrama de proceso⁵, establece la siguiente formulación de tinte orgánico:
Establecido para 350 Litros de tinte.

- 1- Se preparan 2 kilogramos de hoja de añil seca, se quita todo tipo de tallos y se agrega agua a fin de humedecerla, en el recipiente 1 (R1), se deja en fermentación por un periodo de siete días, cada día se debe humedecer y mover la hoja.
- 2- Pasado los 7 días se agregan 700 gramos de cal apagada y 100 litros de agua, se mezclan y se dejan en reposo por 24 horas.
- 3- Al mismo tiempo de preparación de la hoja de añil se puede prepara la solución de ceniza en el tanque 1 (TQ1), donde 80 libras de ceniza de madera de árbol se mezcla con 300 litros de agua, asegurándose que la ceniza funcione como filtro del agua, es decir que el agua caiga sobre la ceniza la cual esta dentro de una tela que funciona como colador. Esta solución se deja reposar juntamente con la ceniza por 24 horas. Luego esta solución se calienta a 80°C antes de verterla en el tanque 2 (TQ2).
- 4- La solución de ceniza que esta en el tanque 1 a 80 °C se vierte en el tanque 2 donde 200 litros de la solución se mezclan con 1,400 gramos de añil.
- 5- A la mezcla del tanque 2 se le agregan 1,400 gramos de cal apagada y se agita la solución a fin de homogenizarla.
- 6- El siguiente paso del proceso es agregarle 3,860 gramos de miel de abeja a la solución, se mezcla la solución hasta obtener una espuma de color violeta⁶, a dicha espuma se le conoce con el nombre de flor de añil, esta debe verse en forma de coágulos, espesa y con puntos de violeta oscuro. Esto indica que el tinte esta reactivado.
- 7- Al tinte reactivado que se encuentra en el tanque 1(TQ1) se le agrega la mezcla que se hizo en el recipiente 1(R1), esto hará descender la temperatura y aumentará la cantidad del tinte a 350 litros. La adición de hoja de añil tiene como objetivo crear un proceso de extracción que ayude a mantener al tinte activo por más tiempo.
- 8- Se deja reposar el tinte para su posterior utilización.

⁵ Ver Anexo 7, Diagrama de procesos.

⁶ Ver anexo 1, Figura 1.

4 HIPÓTESIS:

- 4.1 Se puede establecer una marcha química que evalúe la calidad de la indigotina del añil a utilizarse.
- 4.2 Se pueden determinar los materiales óptimos para industrializar el proceso de producción del tinte de añil.
- 4.3 Una máquina puede industrializar la obtención del tinte a base de añil.
- 4.4 Se puede estabilizar el tinte de añil mediante un proceso controlado.
- 4.5 Se puede diseñar e implementar el proceso de obtención de tinte basado en añil.

5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

La investigación se realizó siguiendo los pasos establecidos en el método científico, desarrollando para ello cinco etapas:

i) Recopilación de información.

Se realizó la recopilación de información secundaria (bibliográfica y electrónica) para desarrollar la base conceptual: conocimiento botánico de la planta de jiquilite, punto óptimo de recolección de cosecha, proceso de extracción del colorante y su aplicación para la extracción del tinte.

Como fuentes de información primaria se realizaron⁷:

*Visitas a plantaciones, obrajes de extracción y talleres de teñido para conocer los diferentes procesos involucrados en la utilización del añil.

*Entrevistas con expertos en el tema para conocer aspectos de la comercialización del producto a nivel nacional e internacional.

ii) Análisis de información

Posteriormente se efectuó el análisis de la información recopilada a fin de establecer su aplicación en las diferentes fases del proyecto⁸:

- Evaluación química, a nivel de laboratorio, del pigmento presente en el polvo de añil comercial.

- Normalización de materiales mediante marchas químicas.

- Evaluación del proceso artesanal para su mecanización y automatización.

En esta etapa se tomó en cuenta la información con el fin de establecer la normalización de la materia prima a utilizar, haciendo uso de parámetros internacionales⁹ y de los resultados obtenidos de la evaluación química del polvo de añil.¹⁰

iii) Descripción del proceso industrial:

La fabricación del tinte inicia con la selección de la materia prima y materiales, tales como: Ceniza, mieles de abeja, añil en polvo, añil en hoja, agua y cal hidratada. El proceso continúa con la fermentación de la hoja de añil durante una semana, mezclando la hoja cortada y limpia con agua, solo humedeciendo la hoja.

Se prepara la solución de ceniza un día antes de la preparación del tinte (tanque 1), una libra de ceniza de árbol (entre mas duro el árbol mejor será la ceniza) por dos litros de agua (capacidad del tanque 1 es 350 lts), se deja reposar por 24 horas.

⁷ Ver anexo 4.

⁸ Ver anexo 5. De la Fig. 26 a la 30.

⁹ Ver anexo 1 de fabricación del tinte artesanal, anexo 3 de materiales, anexo 4 de visitas a obrajes y anexo 5 análisis químico.

¹⁰ Ver anexo 5. De la Fig. 27 a la 30.

Para preparar el tinte se calienta la solución de ceniza en el tanque 1 a 80°C, al alcanzar esta temperatura se depositan 50 litros de solución de ceniza caliente al tanque 2 y se le agregan 1.25 kilogramos de añil que tenga un porcentaje superior al 35% de indigotina, mezclar hasta homogenizar, posteriormente se agrega 0.62 kilogramos de cal hidratada, nuevamente mezclar hasta homogenizar y finalmente se agrega 1.25 Kgr. de miel de abeja, agitándola hasta obtener una espuma de color violeta en la superficie.¹¹

Se prepara 6.25 Kilogramos de hoja añil fermentada en un tanque anexo con 0.31 Kilogramos de cal hidratada, se mezcla y se agrega al tanque 2.

Se transfieren 200 litros de solución de ceniza del tanque 1 al tanque 2, se mezcla y oxigena homogenizando la solución.

Se deja reposar 24 horas y el tinte esta listo para ser utilizado.

iv) Diseño y construcción de la máquina:

Se diseñó y elaboró el equipo industrial, seleccionando aquellos materiales, formas, tamaños y mecanismos que permiten a la luz de esta investigación optimizar el proceso de obtención del tinte.¹²

La máquina consta de dos tanques plásticos de forma cilíndrica con capacidad de 450 litros, obtenidos comercialmente, los cuales se modificaron para adaptarle elementos tales como: motoreductor agitador, calefactores, controles de temperatura, mecanismo de seguridad, sistema eléctrico y tuberías.¹³ Se le removió la tapadera a uno de los tanques para ampliar el área de trabajo, dicha tapadera no se eliminó, ya que se le agregó un soporte, de tal forma que cuando se encuentre en reposo o en el proceso de producción se puedan tener tapados.

Uno de los tanques está a una altura de 1.20 m. del piso y el otro a 2.00 m. soportados por una estructura metálica.

Para el control de todo el sistema eléctrico y electrónico se instaló un tablero que resguarda los diferentes elementos de control. Dichos elementos son: contactores, relés de sobre carga, guarda motores, interruptor principal trifásico, controles de temperatura, borneras, luces piloto, selectores de tres posiciones para funcionamiento manual y automático.

Para agitar la solución del tanque No.2 se instaló un motoreductor de 1/8 de HP, con un variador de frecuencia para ajustar la velocidad según se requiera.

La siguiente descripción de funcionamiento es válida para los dos tanques:

Para mantener la temperatura en rangos controlados, se utiliza un control de temperatura digital, que recoge la señal que le envía un sensor de temperatura, dicha señal es procesada y dependiendo de la temperatura en el tanque, el control ordena que los elementos calefactores se conecten o desconecten, según sea el caso. La secuencia de mantener la temperatura se hace de forma automática, programándole instrucciones al control digital.

¹¹ Ver anexo 1, Fig. 1, Color de la espuma del tinte líquido de añil.

¹² Ver anexo 2.

¹³ Ver Anexo 2, maquinaria y equipo utilizado para la industrialización del tinte.

Actualmente los tanques trabajan de forma independiente, ya que los dos realizan procesos diferentes, sin embargo a cada control digital se le puede adaptar una tarjeta de comunicación y su respectiva interfase con software, para que pueda ser controlada por computadora y de esta forma integrar los diferentes elementos formando un solo sistema.

v) Implementación

Esta etapa consiste en el montaje de una línea industrial de producción para la obtención del tinte. Determinando la ubicación, infraestructura, la distribución de espacios, métodos de trabajo, puntos de control, y en la formulación y normalización del producto terminado, aplicando la espectrofotometría como metodología de laboratorio.

vi) Evaluación de los resultados.

Esta etapa consiste en la realización de pruebas y evaluación de resultados, en la línea industrial montada, con el fin de validar el funcionamiento de la máquina y el proceso de producción del tinte.

a) Evaluación de la maquinaria.

Parámetros constantes en control de la temperatura.
Dispositivos de seguridad para protección del operador y de la máquina.
Ahorro de energía eléctrica por el aislante térmico de los tanques.

b) Evaluación del proceso.

Pasos de fabricación
Porcentajes de grados brix.
pH.
Temperatura.

c) Evaluación de la formula.

Materia prima y materiales.
Capacidad mordiente.

d) Evaluación de la integración de la máquina, proceso y formula.

La eficiencia de producción de la maquinaria.
Coloración.

6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Como consecuencia de la metodología de investigación se obtuvieron los siguientes resultados en pruebas experimentales:

6.1- Experimentos.

Experimento 1:

Las pruebas de laboratorio se iniciaron con el fin de determinar la existencia de la bacteria que formaba el tinte, así como aumentar la durabilidad del tinte, mejorar la formula Japonesa y dar mayor rendimiento en el teñido.

1- Iniciamos con las pruebas de deshidratación del tinte para determinar si era posible reactivar el polvo de añil con solo agregarle agua:

1.1- Se elaboro el tinte de añil utilizando la formula Japonesa, se deshidrató y posteriormente se mezclo con agua al tiempo.

Resultado: No se pudo obtener ningún tinte.

1.2- Se elaboro un segundo tinte de añil utilizando la formula japonesa, posteriormente se deshidrato; deshidratado el añil se mezclo con agua a 80°C.

Resultado: no se pudo obtener ningún tinte.

1.3- Se elaboro un tercer tinte de añil utilizando la formula japonesa, posteriormente se deshidrató; deshidratado el añil se mezclo con agua a 80°C, se agrego glucosa para reactivarlo.

Resultado: No se pudo obtener ningún tinte.

RESULTADO DE LA PRUEBA DE DESHIDRATACIÓN: se concluye que el tinte no puede ser preservado o reactivado.

Experimento 2:

2- El segundo experimento consistió en un seguimiento de durabilidad, embotellando el tinte en 40 recipientes, se utilizo la formula Japonesa, dicho seguimiento fue por un período de 40 días, las pruebas diarias incluían medición de pH, grados brix, porcentaje de indigotina y capacidad de tinción.

Para realizar este experimento se realizaron las siguientes pruebas:

a) Medida de grados brix: se utilizo el refractómetro.

b) Medida de pH: se utiliza el pH meter.

c) Para las pruebas de capacidad de tinción: se utilizo manta cruda de color natural 100% algodón proveída por IUSA de El Salvador.

d) Para determinar el porcentaje de indigotina: se utilizo la marcha química recomendada por los Laboratorios Alemanes a través de Kart Griedel, GTZ, IICA y UES. Además es la misma que utiliza el Laboratorio LECC de El Salvador.

El método utilizado para la determinación del porcentaje de indigotina es por espectrofotometría visible, para el cual se hace uso del espectrofotómetro Lambda 11. La marcha analítica proporcionada por el Laboratorio LECC de El Salvador y la marcha utilizada por el ITCA-FEPADE respectivamente se encuentran en el anexo 5.

Se utilizo un formulario para recolectar los resultados de las pruebas de durabilidad y estandarización de materiales del tinte¹⁴.

Conclusión del experimento 2:

Se observo que la solución necesita ser oxigenada por lo menos una vez al día para que el tinte mantenga su propiedad tintórea, por tanto no es posible mantener el tinte embotellado pero con este experimento pudimos determinar que si el tinte se mantiene a una temperatura estable entre 25 a 30 °C la calidad tintórea y su durabilidad puede mejorar, lo cual debe ser comprobado con otras pruebas en la evaluación de funcionamiento de la máquina.

Experimento 3.

- 3- Este experimento consiste en la búsqueda de la bacteria que los japoneses llaman Jantinobacterian lividum, la cual según la teoría japonesa existe en el añil que ellos producen; para esta prueba se hicieron cultivos en caldo lactosado y agar TSA.

Conclusión del experimento 3:

No hay crecimiento bacteriológico por tanto tal bacteria no existe en nuestra especie de añil, posiblemente exista en las especies tintóreas japonesas pero no en las leguminosas que se cultivan en El Salvador.

Experimento 4.

- 4- La conclusión del experimento tres nos lleva a realizar pruebas de fermentación utilizando alcohol, que da paso a un proceso enzimático y no bacteriológico.

Conclusión del experimento 4:

Las mezclas hechas con alcohol y añil muestra una gran capacidad de teñido, esto demuestra que el añil reacciona a los procesos de fermentación como una reacción enzimática parecida a la de la cerveza por tanto deben hacerse pruebas que involucren materiales con mayor contenido de oxígeno (como lo muestra el experimento 2), con aminoácidos que fortalezcan la reacción, mayor cantidad de azúcar que contribuyan a la fermentación e incluir un material que fortalezca la creación de un fermento alcoholizante.¹⁵

¹⁴ Ver anexo 5, figura 27 a 30 y cálculos de indigotina.

¹⁵ Ver anexo 5, Fig. 32 y 33

Experimento 5.

5- Para poder establecer los materiales idóneos que se pueden utilizar en un proceso de fermentación con altos niveles de oxígeno, investigamos los materiales disponibles en El Salvador, tales como: Melaza, azúcar morena, piña, hoja de añil, miel de abeja, glucosa, cal hidratada, cal viva, ceniza extraída de panaderías y agua.

Se realizaron cuatro diferentes formulaciones con los materiales investigados para producir el tinte.

Conclusión del experimento 5:

Se logro obtener mediante pruebas cualitativas los materiales que pueden producir un mejor rendimiento del tinte bajo las siguientes especificaciones:

Materiales.	Estandarización química.
Ceniza.	Hierro, Calcio, Sodio, Potasio.
Cal en polvo.	Hidróxido de calcio - Ca (OH) ₂ .
Miel.	Ácido Glucónico, C ₆ H ₁₂ O ₇ y Aminoácidos.
Agua.	H ₂ O - pH 7.0.
Añil en polvo.	<i>Indigófera guatemalensis</i> .
Hoja de añil.	<i>Indigófera guatemalensis</i> .

Tabla 4

Experimento 6.

6- Obtenida y estandarizada la materia prima y materiales se procedió con la preparación del tinte (50 lts.) y a evaluar la absorbancia, la intensidad del color teñido y la vida útil del tinte.

Para estas pruebas se utilizo tela de algodón blanqueada en tejido de punto, las muestras del anexo 5, figura 31, corroboran la intensidad del color y se realizaron en un período de 120 días.

Muestras realizadas a un minuto de inserción y un minuto de oxigenación.

6.1- Para las pruebas de intensidad y durabilidad del tinte se tiñeron 41 camisetas de tejido de algodón, haciendo cuatro sumergidas de un minuto cada una y un minuto de oxigenación con un tinte de 35% de indigotina.

También se realizaron estas mismas pruebas con un tinte de 45% de indigotina y otra con 49% de indigotina, durante los 120 días que duró el tinte.

Conclusión: La intensidad en el azul de un tinte de 35% es un poco menor que la de 45% o de 49% de indigotina, pero para fines de teñido textil no es muy relevante si las diferencias son mínimas, dados estos resultados se determinó utilizar un tinte de 35% de indigotina. Las muestras que se encuentran en el anexo 5, figura 31, presentan: La durabilidad y degradación del color conforme pasan los días hasta cumplir los 120 días de vida útil.

Es importante que el control de glucosa se mantenga a 1.5° brix y que la temperatura no descienda de 19 °C para mantener activo el tinte.

6.2- Diseño mecánico de la máquina.¹⁶

6.2.1- Características de la estructura.

Las bases sobre las que descansan los tanques se diseñaron hexagonales para darle mayor estabilidad y ofrecer mayor área de contacto con el fondo del tanque, que es circular. Se utilizó polín C en lugar de angular por que la forma que tiene da mayor resistencia a la flexión, es mas liviano no tiene aristas lo que reduce el peligro de dañar los tanques plásticos, además a la vista es más estético.

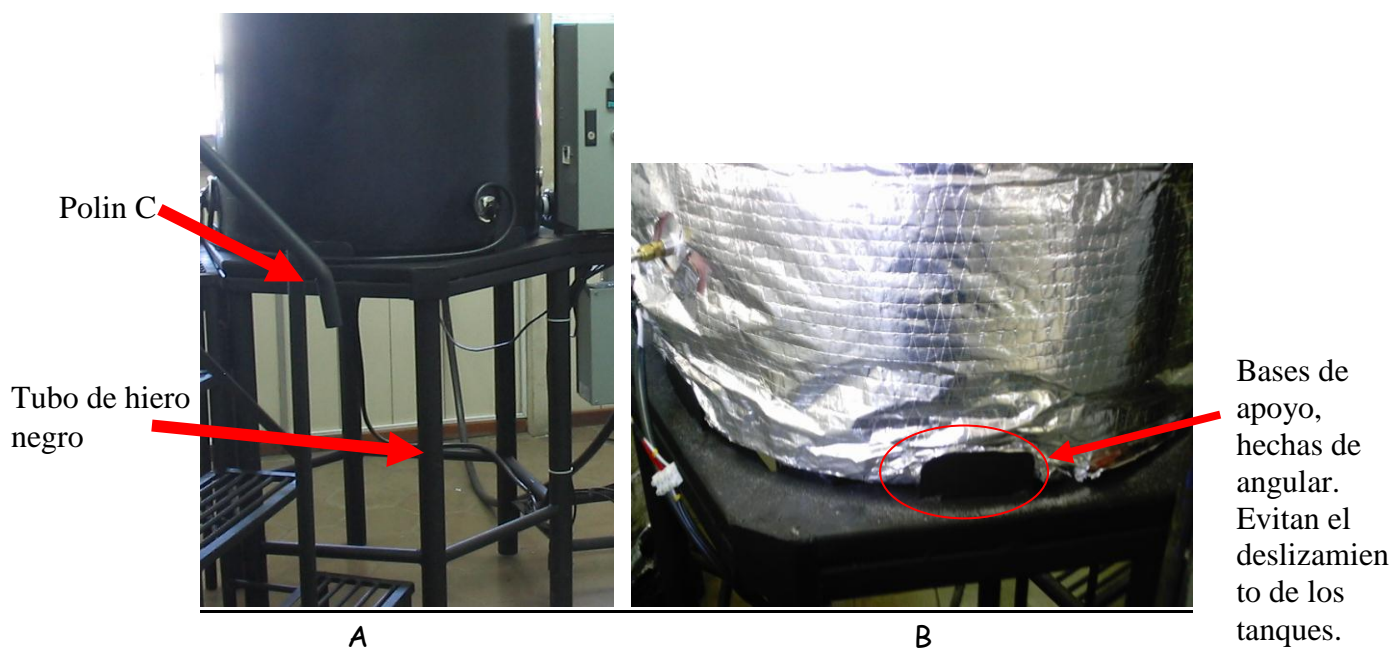


IMAGEN 1

¹⁶ Ver anexo 11, planos de la maquinaria.

Las patas se fabricaron en tubo de hierro negro para minimizar la posibilidad de pandeo, tal como se muestra el cálculo. Se colocaron refuerzos en la patas para minimizar el riesgo de barrido o que la patas se abran; además, ayudan a evitar la deformación entre ellas.

La base de apoyo de los tanques cuenta con secciones de angular que rodean al tanque, para minimizar el riesgo de deslizamiento lateral.

Cada tanque tiene una base individual, las cuales se acoplan fácilmente para formar un solo cuerpo, así como también pueden ser separadas para facilitar su traslado, ya que se diseñó una unión de fácil montaje entre ambas.



IMAGEN 2

Las escaleras se construyeron de forma que ocupen el menor espacio posible y rodean la estructura del tanque, a una altura que permite que una persona pueda operar la máquina y con barandas para que ofrezca seguridad. El diseño de las escaleras permite que sean desmontables para facilitar el traslado de la máquina.

Se construyó una base para sostener los tableros de control, la cual es de hierro angular para darles estabilidad y se ubicaron a una altura que permite operarlos con facilidad y en medio de los dos tanques para tener control visual de toda la operación.

OTROS COMPONENTES

Se construyeron piezas para soportar los elementos eléctricos que se adaptaron a los tanques, las cuales son de aluminio para evitar que se oxiden por el contacto con los líquidos; además de dos piezas también de aluminio para colocar visores plásticos de control del nivel de líquido.



Visor y control de nivel

IMAGEN 3

Para el tanque 1, se construyó un soporte para el filtro de tela que soporta la ceniza de árbol, se reforzó el cuello del tanque para evitar deformaciones debido al peso de la ceniza. En la parte superior se le acopló una válvula de media pulgada de cierre rápido para la alimentación de agua y en la parte inferior se acopló una válvula de acero inoxidable de cierre rápido para controlar el paso de solución al tanque 2.

Para el tanque 2 se construyó una base para colocar el motorreductor en la parte superior, la cual es de hierro angular, lo que le da estabilidad y rigidez; se colocó una chumacera de acople en nylon entre el motor y el tanque para evitar la transmisión de oscilación del agitador al eje del rotor, y al mismo tiempo aísla el motor de la humedad para evitar la corrosión. El agitador consiste en un eje de aluminio y dos alabes de aluminio, una de forma rectangular¹⁷ ubicada en la parte media del eje y la otra de forma elíptica en la parte inferior del eje, ambas inclinadas a 40 grados, la primera oxigena y genera espuma mientras la otra genera turbulencia.

¹⁷ Ver anexo 11, figura 54 y 55, alabes.

Se diseñó además un sistema que permite el paso controlado de líquido del tanque uno al tanque dos.¹⁸

El tanque dos se seccionó en dos partes, la primera parte contiene el visor y las resistencias y la segunda parte sirve de tapadera; debido a la segmentación del tanque fue necesario reforzar con un aro metálico de platina de $\frac{1}{2} \times 1/8$ que le da rigidez a cada una de las partes.

Ambos tanques fueron forrados con una cubierta de fibra de vidrio que evitará disipación de calor al exterior; la fibra esta cubierta con lámina galvanizada para protegerla y mejorar su estética.¹⁹

6.2.2- Cálculo de esfuerzos en las soldaduras de las bases.

Con los tanques llenos de agua en su totalidad, se obtiene el peso máximo que la estructura deberá soportar:

Volumen del tanque: $A \times h$

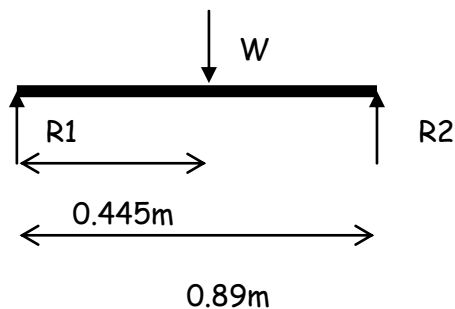
Como la base es circular, de diámetro 86 cm y la altura es de 76cm el volumen total es de $V = \frac{\pi D^2 \times h}{4} = \frac{3.14 \times (0.86)^2 \times 0.76}{4} = 0.44 \text{ m}^3$

La densidad del agua es de 1000 kg/ m^3

Luego, la masa total del agua es de $(1000 \text{ kg/ m}^3) \times (0.44 \text{ m}^3) = 441.25 \text{ Kg}$

Es decir, que el peso que soportará la base es de $(441.25 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) = 4324.21 \text{ N}$

Analizando cada elemento horizontal de la estructura:



$$\begin{aligned} \Sigma F_x = 0 & \quad R1 + R2 = W \\ \Sigma M_{R1} = 0 & \quad -W(0.445) + R2(0.89) = 0 \\ \text{De donde } R2 & = 2162.10 \text{ N} \\ R1 & = 2162.10 \text{ N} \end{aligned}$$

¹⁸ Ver anexo 2, figura 12 y Anexo 9 figura 38.

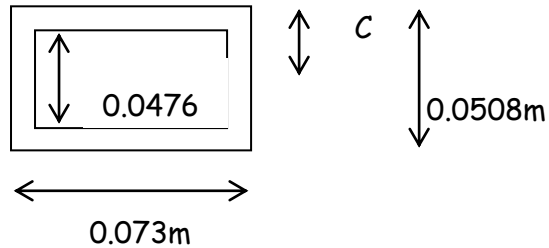
¹⁹ Ver anexo 2, figura 5.

El momento flector en R1 es:

$$M = Fxd = (4324.21\text{N})(0.445\text{m}) = 1924.27 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Para el cálculo de los esfuerzos en la soldadura

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$



A1= Area mayor

$$(0.0762)(0.0508) = 0.00387 \text{ m}^2$$

A2= Área menor

$$(0.073)(0.0476) = 0.00348 \text{ m}^2$$

A_{ef} = Área efectiva

$$A2 - A1 = 0.00387 \text{ m}^2 - 0.00348 \text{ m}^2 = 0.00039 \text{ m}^2$$

Momento de Inercia:

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_1 = (0.0762)(0.0508)^3 = 8.3 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_2 = (0.0730)(0.0476)^3 = 6.6 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_{ef} = 8.3 \times 10^{-7} \text{ m}^4 - 6.6 \times 10^{-7} \text{ m}^4 = 1.7 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{(1924.27)(0.0254)}{1.7 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 2.9 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

El esfuerzo al que está sometido el cordón de soldadura es de $2.9 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

Las soldaduras se realizan con electrodo E6013, el que soporta un esfuerzo máximo de $4.14 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

Luego, calculando el factor de seguridad:

$$Fs = \frac{\text{esfuerzo último}}{\text{Esfuerzo de diseño}} = \frac{4.14 \times 10^8 \text{ N/m}^2}{2.9 \times 10^8 \text{ N/m}^2} = 1.43$$

Esto indica que el tipo de electrodo utilizado es el adecuado por que garantiza la resistencia de la soldadura al esfuerzo que será sometido.

6.2.3- Cálculo de esfuerzo de compresión en las patas de la estructura.

Cada pata está hecha de acero estructural y tiene las siguientes dimensiones:

$$\begin{aligned}\Phi \text{ ext} &= 48 \text{ mm} \\ \Phi \text{ int} &= 42 \text{ mm}\end{aligned}$$

Esfuerzo de compresión $\sigma_c = F/A = W/A$

$$W = 4324.21 \text{ N}$$

$$A_{ef} = \frac{\pi (\Phi \text{ ext} - \Phi \text{ int})^2}{4} = \frac{\pi (0.048 - 0.042)^2}{4} = 2.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\sigma_c = \frac{4324.21}{2.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 1.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Los tubos se fabricaron de acero estructural, que tiene un esfuerzo de fluencia de $\sigma_f = 2.45 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

Entonces el factor de seguridad que se logra es de:

$$Fs = \frac{2.45 \times 10^8}{1.5 \times 10^8} = 1.6$$

Esto indica que el tipo de material utilizado para la estructura es el adecuado por que garantiza la resistencia al esfuerzo de compresión al que será sometido. Cabe mencionar que factor de seguridad 1 significa que la estructura tiene la capacidad justa para soportar la carga que se le aplicará²⁰, el 1.6 indica que tenemos un buen margen de seguridad.

²⁰ Información del libro: Diseño de máquinas de Aaron, D. Deutschman, Walter J. Michels.

6.2.4 Cálculo de pandeo.

$$\frac{P}{a} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

Donde

P= carga axial

a = Área de sección transversal

s = Esfuerzo unitario

E = Módulo de Young = 2.058×10^{11} N/m²

r = Radio de volteo

Si se soporta todo el peso del tanque lleno de agua:

$$\frac{P}{a} = \sigma_c = 1.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$
$$1.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2 = \frac{(3.14)^2 (2.058 \times 10^{11})}{(L/r)^2}$$

$$L/r = 116.3$$

Si r = 1 cm

Entonces L= 116.3 cm

Esto indica que la longitud de las patas de la estructura, que es de 95 cm, es adecuada por que garantiza la resistencia al pandeo.

6.3- Cálculo de álabes.

6.3.1- Análisis mecánico del agitador

Para ver la forma y medidas del álabe rectangular ver anexo No. 11, Figura 54.

Fuerza en el extremo de los alabes.

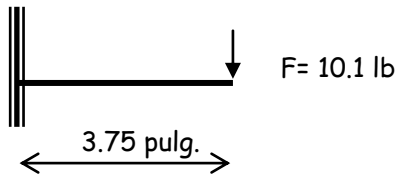
$$T = f/d \quad \text{entonces} \quad f = T/d$$

Según las especificaciones del moto reductor, el torque que genera es de 43 lb-pul, y la distancia que hay desde el centro del eje hasta el extremo del alabe es de 4.25 pulg.

$$\text{Entonces} \quad F = 43 \text{ lb-pul} / 4.25 \text{ pul.}$$

$$F = 10.1 \text{ lb}$$

6.3.2- Análisis del esfuerzo en la soldadura.



Análisis del cuerpo libre:



$$\sum M_{Ri} = 0$$

$$-M + F \times L = 0$$

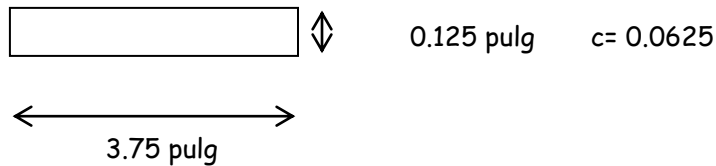
$$M = (10.1 \text{ lb}) (3.75 \text{ pulg.})$$

$$M = 37.88 \text{ lb-pulg.}$$

La soldadura está sometida a un momento flector, por lo tanto el esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

La sección de soldadura es:



$$I = 1/12 bh^3$$

$$I = (1/12) (3.75) (0.125)^3$$

$$I = 6.1 \times 10^{-4} \text{ pulg}^3$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{(37.88 \text{ lb-pulg}) (0.0625 \text{ pulg})}{6.1 \times 10^{-4} \text{ pulg}^3}$$

$$\sigma = 3881.15 \text{ lb/pulg}^2$$

Como las soldaduras se hacen con electrodo 6013, el esfuerzo de flexión aproximado es de 15,000 lb/pulg²

El factor de seguridad es:

$$F_s = \frac{15,000 \text{ lb/pulg}^2}{3881.15 \text{ lb/pulg}^2}$$

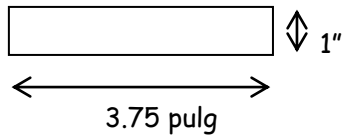
$$F_s = 3.86$$

Esto indica que el electrodo utilizado es el adecuado, ya que soporta esfuerzos mayores a los que será sometido.

6.3.3-Análisis hidráulico de los álabes

6.3.3.1) Álabes rectos

Para ver la forma del álabe recto ver anexo No. 11, Figura 55.



Entonces $A = b \times h$

$$A = (3.75) (1) = 3.75 \text{ pulg}^2$$

Cálculo del Número de Reynold:

$$N_R = \frac{VD\delta}{\mu}$$

Donde $V =$ velocidad

$D =$ diámetro

$\delta =$ densidad del fluido ($\delta_{\text{agua}} = 1.1 \times 10^2 \text{ lb-min}^2/\text{pie}^4$)

$\mu =$ viscosidad del fluido ($\mu_{\text{agua}} = 3.4 \times 10^{-4} \text{ lb-min}/\text{pie}^2$)

Que se interpreta de la siguiente manera:

Para flujo laminar: $N_R < 2000$

Para flujo turbulento: $N_R > 2000$

Se calcula el diámetro equivalente a la pieza:

$$\text{Rectángulo } A = b \times h \sim A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Círculo}$$

$$3.75 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D_{eq} = 2.18 \text{ pulg}$$

$$V = \frac{\pi D_{eq} n}{K}$$

Donde: $V =$ velocidad

$D_{eq} =$ diámetro equivalente

$n =$ número de vueltas por minuto (el motorreductor tiene 170 RPM)

$k =$ constante para convertir pulgadas a pies

$$V = \frac{(3.14) (2.18) (170)}{12} = 96.97 \text{ pie/min}$$

Luego, el número de Reynold es

$$N_R = \frac{VD\delta}{\mu} = \frac{(96.97) (0.182) (1.1 \times 10^{-4})}{3.4 \times 10^{-4}}$$

$$N_R = 5709.8$$

Esto indica que el moto reductor a esa velocidad logra un flujo turbulento con el alabe recto de 1"x3.75" por lo tanto hará remolinos, que es el efecto que se busca.

6.3.3.2) Álabes elípticos

Para ver la forma del álabe elíptico ver anexo No. 11, Figura 56.

Cálculo aproximado del área del álabe:

$$\text{Área del círculo: } \frac{\pi D^2}{4} = \frac{(3.14)(72)^2}{4} = 4069.44 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del triángulo (2)} = 1/2bh = (1/2)(29)(33) = 478.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del triángulo (3)} = 1/2bh = (1/2)(29)(60) = 870 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área del rectángulo (4)} = b \times h = (28)(60) = 1680 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área Total} = 4069.44 + (2)(478.5) + (2)(870) + (1680)$$

$$\text{Área total} = 8446.44 \text{ mm}^2$$

Calculando el diámetro equivalente

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$8446.44 = \frac{(3.14)(D_{eq})^2}{4}$$

$$D_{eq} = 103.73 \text{ mm} = 4.01 \text{ pulg}$$

Calculando la velocidad del fluido:

$$V = \frac{\pi D_{eq} n}{K}$$

Donde: V= velocidad

Deq= diámetro equivalente

n= número de vueltas por minuto (el motorreductor tiene 170 RPM)

k = constante para convertir pulgadas a pies.

$$V = \frac{\pi D e q n}{K} = (32.14) (4.01) (170)$$

$$V = 178.38 \text{ pies/min}$$

Luego, el número de Reynold es:

$$N_R = \frac{VD\delta}{\mu} = \frac{(178.38) (0.3342) (1.1 \times 10^{-4})}{3.4 \times 10^{-4}}$$

$$N_R = 19287.1$$

Por lo tanto, el flujo impulsado por el alabe elíptico será también turbulento, generando el efecto deseado.

6.4 Diseño eléctrico y electrónico. ²¹

6.4.1 Determinación de la potencia necesaria para el calentamiento de líquidos utilizados en la producción de tinte de añil.

La potencia necesaria para calentar un líquido en un tanque está determinada mayormente por el volumen del líquido, la temperatura inicial, la temperatura final y es inversamente proporcional al tiempo de calentamiento.

Para determinar la potencia de las resistencias utilizadas como elementos de calefacción de los tanques del proceso del añil se utilizó la siguiente fórmula:

$$POT = \frac{(1.16) \cdot (lts) \cdot (T_2 - T_1)}{t \text{ (horas)}}$$

Donde:

Pot: la potencia necesaria en W. (Watts)

Lts: litros a calentar.

T₂ : la temperatura final deseada en grados centígrados.

T₁ : la temperatura inicial (la temperatura ambiente en grados centígrados).

T : es el número de horas de calentamiento.

Para el tanque 1(TQ1)²² la temperatura final es de 80 grados centígrados con un tiempo de 2 horas y media, con un volumen de 350 lts., con estos datos, la potencia requerida es de 9,094.4 W.

Esta potencia se puede lograr con tres resistencias comerciales de inmersión de 3,000 W, 240V, las cuales se reparten equitativamente en el perímetro del tanque, para lograr una distribución uniforme del calor²³.

Para el tanque 2²⁴ (TQ2) la temperatura deseada oscila entre 26 y 30 grados centígrados, con un volumen de 350 litros y un tiempo de calentamiento de 1 hora, se obtiene de la fórmula, una potencia de 6,400 W.

La potencia requerida se logra con cuatro resistencias comerciales de inmersión de 1,500 W 240 V. las cuales se reparten equitativamente en el perímetro del tanque, para lograr una distribución uniforme del calor.²⁵

²¹ Ver anexo 8, diagramas eléctricos y electrónicos.

²² Ver gráfica de procesos del anexo 7.

²³ Ver anexo 2 figura 13 y 14; Anexo 11, figura 53 - dibujo de planta del tanque 1 con sus termopozos.

²⁴ Ver gráfica de procesos del anexo 7.

El tiempo se estableció en base a pruebas de laboratorio y se determinó un tiempo adecuado de una hora para el tanque 2, y un tiempo de dos horas y media para el tanque 1 ya que, en ambos tanques, un tiempo mas corto nos daría una potencia demasiado alta provocando una elevación de corriente y un calibre excesivo del alambrado.

6.4.2 Descripción del control electrónico de temperatura.

Cada tanque esta regulado por un control de temperatura marca Cal Controls modelo 9,400, programable basado en microprocesador el cual controla la temperatura en el modo PID (proporcional, integral y derivativo) con salida de control de tiempo proporcional. La parte proporcional se encarga de aplicar la potencia a las resistencias según la temperatura del tanque se aleje del valor deseado o ajustado, la parte integral se encarga de eliminar el desbalance o error entre la temperatura real del tanque y el valor prefijado. La parte derivativa detecta perturbaciones bruscas externas de la temperatura y aplica mayor potencia para compensar y amortiguar cambios bruscos de temperatura. La salida de tiempo proporcional permite aplicar potencia a las resistencias en forma gradual según la relación del tiempo de encendido-apagado

6.4.3 Descripción del sensor de temperatura.

El sensor de temperatura es del tipo PT100 (un detector de resistencia de platino cuya resistencia aumenta en proporción a la temperatura) ya que presenta una exactitud y estabilidad mucho mayor que las termocuplas que son mas propensas al deterioro.

Para proteger cada sensor se utilizó un tubo protector de acero inoxidable que evita daños físicos al elemento y al usuario, este tubo se conoce como termopozo.

6.4.4 Descripción del visor de cada tanque.

El visor de los tanques cumple cuatro funciones: Visor, acceso rápido a la toma de muestras, contiene el dispositivo de seguridad y se puede leer directamente el volumen de líquido contenido en cada tanque, lo cual se explica a continuación:

- a- Como Visor el nivel del tanque esta hecho con un tubo plástico transparente que permite visualizar en tiempo real el nivel del líquido en el tanque.
- b- En la parte inferior del nivel se diseño un dispositivo que permite tomar muestras sin detener el proceso, en el momento que se requiera.
- c- Cada tanque consta de un sistema de protección de manera que las resistencias no reciban energía si el tanque se encuentra vacío o el nivel del liquido esta debajo del mínimo requerido, para evitar que las resistencias y los tanques se dañen por un sobre calentamiento. Dentro del tubo se

²⁵ Ver anexo 2 figura 13 y 14; Anexo 11, figura 53 - dibujo de planta del tanque 1 con sus termopozos.

encuentra un flotador con un imán que activa un sensor magnético el cual apaga automáticamente el control de temperatura, si el nivel se reduce a un mínimo de seguridad.

- d- Para poder medir el volumen se tiene una graduación en litros impresa en el tubo, con lo que se determina la cantidad exacta de líquido que se está produciendo.

6.5 - Evaluación de la maquinaria.

Las pruebas de evaluación del proceso y la maquinaria fueron un éxito, con algunas variantes de ajuste en el sistema de agitación de la solución que fueron fácilmente superados, a continuación se muestran puntos de fabricación del tinte, el cual valida el funcionamiento de la máquina y del proceso:

6.5.1- Parámetros constantes en control de la temperatura.

Temperatura estable del tanque 2: oscila entre 27 °C y 28 °C, Correcta.

Calentamiento del tanque 1.

A 80 °C y la descarga de solución de ceniza al tanque 2.

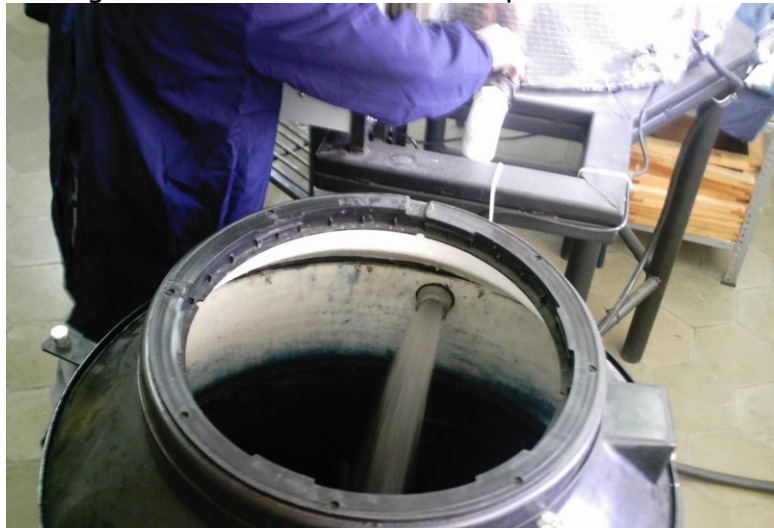


IMAGEN 4

6.5.2- Funcionamiento de la agitación.

- i) La mezcla inicial del tinte con 200 lts. de solución de ceniza caliente.

Aquí sucedió un problema con el aspa de agitación la cual no creaba la suficiente turbulencia debido a las hojas existentes en el fondo del tinte, sin embargo la solución fue calcular y probar un alabe elíptico en la parte inferior y una rectangular en la parte intermedia del eje como lo muestra en la figura siguiente. Esto dio solución al problema y la agitación fue la deseada.



IMAGEN 5

ii) Descripción del motoreductor y su control para la agitación.

Las pruebas de laboratorio mostraron que un motor²⁶ DC alcanzaba la velocidad adecuada, sin embargo se observó la pérdida de torque y velocidad con la carga de la mezcla completa, debido a que el agitador estaba acoplado directamente al eje del motor.

Se determinó entonces aumentar la velocidad y el torque por medio de un reductor de velocidad.

El agitador de la mezcla del tanque 2 lo constituye un motor de corriente continua acoplado a un reductor de velocidad.

El motor es de 1/ 8 de Hp de campo de imanes permanentes con un voltaje de 90 Voltios a máxima velocidad.

El reductor de velocidad de relación 10:1 disminuye la velocidad actual del motor en 10 veces pero aumenta el torque o fuerza torsional en 10 veces dando un torque en el eje de 40 lb -pulgada.

La velocidad del moto-reductor esta regulada por un control monofásico a 120 voltios del tipo SCR de la marca DART Control, Modelo 2M510. Este control contiene valores preajustados de velocidad mínima, velocidad máxima, torque y aceleración.

²⁶ Los motores utilizados en los experimentos son los existentes en los laboratorios de eléctrica.

6.5.3- Dispositivos de seguridad para protección del operador y de la máquina.

Creados para protección del operador y de la máquina:

6.5.3.1- Al abrir la tapa del tanque dos para el sistema de agitación. Evita un golpe o accidente.

6.5.3.2- Al bajar los líquidos a un nivel menor que el de las resistencias, dichas resistencias se apagan automáticamente para evitar calentamientos que produzcan daños en el equipo u otros accidentes.

6.5.4- Ahorro de energía eléctrica por el aislante térmico de los tanques.

Mucho del ahorro energético se debe al aislante térmico de los tanques:

Para que las resistencias del tanque 2 se activen y controlen la temperatura de 27 °C, es necesario esperar 3 días para que descienda la temperatura desde el día que se preparó el tinte.

El trabajo de las resistencias del tanque 2 hace un mínimo esfuerzo ya que el tanque y el aislante de fibra de vidrio mantienen estable la temperatura del tinte. El controlador de temperatura mantiene el tinte estable, entre 27 y 28 °C.

El desempeño del motoreductor en la agitación diaria es muy bueno, consumiendo 1 Amperio durante 2 minutos de oxigenación.



IMAGEN 6

6.6- Evaluación del proceso.

6.6.1- Pasos de fabricación.

Para mayor detalle ver anexo 7, diagrama de proceso de fabricación del tinte de añil, aquí se cumple paso a paso cada una de las operaciones detalladas para el tanque 1 (TQ1) y las del tanque 2 (TQ2), incluyendo operaciones paralelas del recipiente anexo (R). Se fabricaron 350 litros de tinte el cual representa el 100 por ciento de la capacidad de los tanques, el tinte obtenido produce un color intenso, esto se muestra en el anexo 9 figura 42, concluyendo con una buena capacidad mordiente y una buena calidad del proceso y del producto.

6.6.2- Porcentajes de grados brix y pH.

La espuma indicando el punto óptimo de la mezcla, probando que la cantidad de azúcar es de 2 grados brix y el pH de la solución es de 13.



IMAGEN 7

TABLA DE CONTROL DE TEMPERATURA, AZUCAR y pH

Dia	°C	° Brix	pH
1	60.00	2.00	12.30
2	43.00	1.80	12.50
3	33.00	1.80	12.50
4	27.00	1.70	12.90
5	28.00	1.70	12.90
6	28.00	1.70	13.00
7	27.00	1.60	12.50
8	27.00	1.50	12.60
9	28.00	1.50	12.50
10	27.00	1.50	12.50
11	27.00	1.50	12.50
12	27.00	1.50	12.60
13	27.00	1.50	12.30
14	28.00	1.50	12.50
15	27.50	1.50	12.40
16	28.00	1.50	12.50
17	27.00	1.50	12.50
18	27.00	1.50	12.50
19	27.00	1.50	12.50
20	28.00	1.50	12.50

Tabla 5

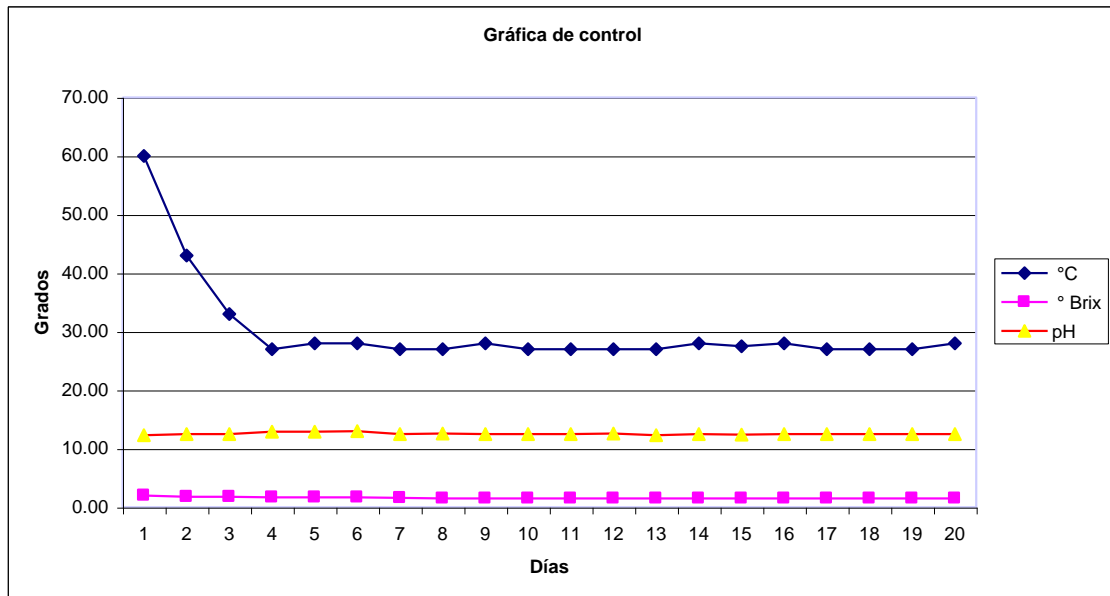


Gráfico 1

6.7- Evaluación de la formula.

6.7.1- Materias primas y materiales.

Con las pruebas de laboratorios descritas anteriormente pudimos mejorar la durabilidad del tinte en un ambiente controlado y los resultados fueron los siguientes:

Propiedades (350 Lts. Tinte)	Formula ITCA
Materiales	Agua, Miel de abeja, Ceniza, Cal, Añil en polvo y hoja de añil.
Durabilidad	120 días.
Rendimiento	280 Camisetas de tejido natural.
Capacidad de fijación	85%

Tabla 6

6.7.2- Capacidad mordiente.

Las últimas pruebas de fijación del tinte son las más efectivas ya que las 18 prendas lavadas dejan de desteñir a la tercera lavada, esto es prueba de la buena calidad de los materiales utilizados en la tinción, del textil y de las condiciones controladas que se tienen en el proceso industrializado

Se tiñeron prendas de vestir, las cuales dan un color uniforme e intenso, la solución no presenta desgaste aún cuando se tiñeron 19,000 gramos de telas en un solo día.



IMAGEN 8

6.8- Evaluación del tinte.

6.8.1- La eficiencia de producción del tinte.

Actividad de la cadena de valor	Tiempo en horas
Mezclar hoja de añil con agua:	0.10
Reposo de fermento de hoja:	168.00
Mezcla de agua cal y hoja fermentada:	0.10
Reposo de mezcla de hoja fermentada:	24.00
Mezcla de ceniza y agua:	0.16
Reposo de solución de ceniza:	24.00
Medición de los materiales:	0.50
Calentamiento del tanque 1 a 80 °C:	2.50
Mezcla de añil y 200 lts. de solución de ceniza caliente:	0.15
Mezcla de solución tintórea y cal:	0.10
Mezcla de solución tintorea y miel:	0.15
Mezcla de tinte inicial y fermento de hoja:	0.15
Oxigenación del tinte:	0.05
Reposo del tinte:	24.00
Lead Time:	243.96
Tiempo de ciclo total:	3.96
Variación de la cadena de valor:	1.6%
Producción del tinte:	3.60
Estándar de producción del tinte:	3.10
Eficiencia de la maquinaria en producción del tinte	86%

Tabla 7

6.8.2- Coloración.

Realizado el proceso de elaboración del tinte utilizando los materiales establecidos se obtiene un tinte de color cobrizo con espuma de color violeta que muestra una gran calidad de tinción.

La primera muestra de tinción dio como resultado un color celeste en el primer sumergida, tal como lo muestra la figura 42 del anexo 9. La calidad del mordiente depende mucho de la calidad de la ceniza la cual debe provenir de árboles bastante duros.

La alcalinidad del tinte depende de la cantidad de cal que tenga la solución la cual debe mantenerse entre 12 y 13pH.

La calidad de la miel influye en la reactivación o coloración de la espuma, la miel debe ser pura.

Para probar la capacidad del mordiente se hicieron pruebas de desteñido y observamos que las prendas dejan de desteñir a partir de la tercera, cuarta y como máximo en la quinta lavada, esto depende mucho de la calidad del textil utilizado y su pureza natural. Ver las pruebas en el anexo 5 tabla A2.

Es concluyente que la capacidad tintórea lograda con la nueva fórmula es de un mejor rendimiento que la utilizadas anteriormente, que la fuerza de fijación en el textil es estable, que la intensidad del azul es muy fuerte y de gran durabilidad sobre el textil.

7 CONCLUSIONES:

- Se diseño y se construyo una máquina capaz de producir tinte con añil de forma exitosa.
- Se creo un documento que respalda la maquina que fabrica tinte orgánico basado en añil, además se cuenta con los manuales del fabricante de los elementos adquiridos, tales como motoreductor, control electrónico, etc.
- Se determino cualitativamente los estándares de los materiales para la fabricación de tinte textil basado en añil.
- Se determino una nueva formulación orgánica y se evaluó su rendimiento y capacidad mordiente.
- La duración del tinte se pudo extender hasta 120 días de vida útil.
- La fuerza mordiente se mantiene en 85%.
- La temperatura del tinte de añil óptima es de 27 °C.
- La hoja de añil crea un nuevo proceso de extracción que preserva el tinte.
- La capacidad de teñido por polvo de añil es de 1:10
- La mecanización del sistema de transferencia de fluidos y de agitación pueden ser totalmente automatizados y controlados por un computador.

8 RECOMENDACIONES:

- El proceso debe iniciar con el calentamiento de la solución de ceniza a 80°C, no debe ser menor, de lo contrario el tinte no reaccionará.
- La temperatura del tinte no debe ser mayor a 30 °C ni menor a 25 °C, caso contrario la hoja que esta en el fondo comenzará a flotar.
- No debe oxigenarse la solución más de 2 veces por día y no más de 2 minutos por vez, caso contrario puede producir exceso de espuma que disuelva la tinta y la envíe al fondo.
- Debe disminuir el pH del tinte antes de desecharse, el pH debe ser de 7.00 para evitar el impacto ambiental.
- La máquina tiene capacidad física para soportar 390 litros pero esta diseñada para trabajar con 350 litros.
- No debe exceder la cantidad de miel establecida en el proceso, caso contrario producirá un hongo que dañará el tinte.
- Cuando se tiñan prendas de vestir mayores a 100 gramos de peso deben sumergirse en periodos más largos de dos minutos para que la fuerza mordiente penetre en lo profundo de la fibra y de la misma forma la oxigenación.
- La hoja de añil que se fermente debe estar separada de los tallos para evitar acumulación en el fondo del tanque, la cual produce resistencia al giro de los alabes y en consecuencia mayor torque al motor, esto puede aumentar el consumo de corriente y el calentamiento del motor.
- La tinción de prendas de vestir por día no debe exceder de 10 veces el peso del polvo del añil diluido en la solución.
- Debe mantenerse el pH de la solución entre 12 a 13, esto se hace con cal, agregando 140 gramos de cal cada vez que se tiño 10 veces su peso.
- Si el tinte pierde su fuerza de tinción, se puede reactivar de la siguiente manera:
 - Calentar el tinte del tanque 2 a 60 °C.
 - Llegada a la temperatura se agregan 1,000 gramos de miel.
 - Mezclar la solución hasta que la espuma vuelva a su color púrpura.
 - Dejar reposar por 24 hora a temperatura de 27 °C
 - Proseguir con el proceso de teñido.
- No agregar químico alguno a la solución o insecticidas, esto puede dañar el tinte.
- Con 350 litros de tinte puede llegar a teñir 280 camisetas de 200 gramos, sumergiéndolas 10 veces.
- En el tanque uno, se debe asegurar que la camisa filtro que contiene la ceniza no tenga contacto mecánico con las resistencias o el sensor de temperatura.
- El agua usada para la creación del tinte no debe contener acidez o durezas, su pH debe ser de 7.

- Asegúrese que la miel no sea trasegada y que proceda de abejas.
- No agitar manualmente la solución porque puede dañar una resistencia o el Termoposo.
- No utilizar mas cal de la recomendada para el tinte o puede producir un teñido de color gris.
- No utilizar miel trasegada, disminuye la durabilidad del tinte.
- Se sugiere construir un prototipo de máquina que tiña textiles para utilizar la capacidad de producción de tinte que tiene esta máquina.
- Se recomienda investigar un poco mas sobre la preservación del tinte orgánico utilizando preservantes naturales.
- Se deben comenzar los trámites de patentado de la formula, máquina y proceso determinado.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

AUTOR (ES) Azules, Asociación de Añileros de El salvador
AÑO PUBLIC. 2002
TITULO Situación del mercado de AZULES de El Salvador
EDICIÓN
CASA EDIT. AZULES
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Mejía, Gloria
AÑO PUBLIC. 2003
TITULO Promoción y comercialización del Añil
EDICIÓN
CASA EDIT. Cooperación Técnica Alemana (GTZ).
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Rivas, Carolina
AÑO PUBLIC. 2003
TITULO Cultivo del Añil
EDICIÓN
CASA EDIT. Instituto Interamericanote Cooperación para la Agricultura (IICA)
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Cámara de Comercio e Industria de El Salvador
AÑO PUBLIC. 1997
TITULO Sistema Arancelario Centroamericano (SAC)
EDICIÓN
CASA EDIT. Cámara de Comercio e Industria de El Salvador
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador
No. PAG. Sección I Pág. 01-02

AUTOR (ES) Ministerio de Agricultura y Ganadería
AÑO PUBLIC.
TITULO INFORMES SOBRE CAFTA, AÑIL
EDICIÓN
CASA EDIT. Oficina de Políticas y Estrategias.
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador.
No. PAG.

AUTOR (ES) Salazar Marxelly, Aldo Francisco; Gómez Quintanilla, Ramón Joaquín; Belloso Chinchilla, Francis del Pilar.
AÑO PUBLIC. 2002
TITULO Pruebas de laboratorio para la extracción del índigo de la planta del añil
EDICIÓN
CASA EDIT. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Sura, Elia Angélica; Quintanilla Quintanilla, Mayra Rebeca; Morales Guzmán, René Alfonso.
AÑO PUBLIC. 1998
TITULO Límites y potencialidades de la producción de añil en el desarrollo local-regional
EDICIÓN
CASA EDIT. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Romero Portillo, Armando; Díaz Pérez, Miguel Ramiro; Herrera Ramírez, Santiago.
AÑO PUBLIC. 1998
TITULO Evaluación de tres procesos para la obtención de añil a partir de Jiquilite, (*Indigofera suffruticosa*) en el Depto de Chalatenango
EDICIÓN
CASA EDIT. Universidad Técnica Latinoamericana
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN El Salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Lima Sagastume, Ana Beatriz; Morales Castillo, Elvira Elena; Orellana Claros, Sara Elisabeth.
AÑO PUBLIC. 2002
TITULO Optimización de la extracción del colorante de la planta de añil (*Indigofera sp.*) para su utilización en la industria
EDICIÓN
CASA EDIT. Universidad de El Salvador
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN San Salvador
No. PAG.

AUTOR (ES) Miyoko Kawahito
AÑO PUBLIC. 2003
TITULO Characteristics of color produced by natural and synthetic indigo
EDICIÓN
CASA EDIT. Kyoto Institute of technology
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN Tokushima prefecture, Japan
No. PAG.

AUTOR (ES) The society of Korean Natural Dyeing (SKND)
AÑO PUBLIC. 2001
TITULO Natural dyeing
EDICIÓN
CASA EDIT. The society of international Natural Dyeing
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN Korea
No. PAG.

AUTOR (ES)
AÑO PUBLIC. 1975
TITULO América Indígena (añil de los indios cheles)
EDICIÓN vol. XXXV No. 4
CASA EDIT.
CDAD. PAIS PUBLICACIÓN
No. PAG.

WEB PAGE:

<http://www.agronegocios.gob.sv/tlc/news/docs/A%C3%B1il.pdf>

http://www.aurorasilk.com/info/indigo_tutorial.shtml

<http://www.uv.mx/popularte/esp/scriptphp.php?sid=651>

<http://www.iica.org.sv/secciones/areas/otros.htm>

10 ANEXOS.

ANEXO 1

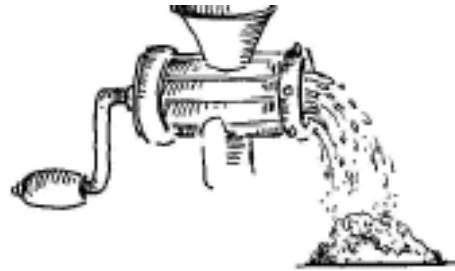
FABRICACIÓN ARTESANAL DEL TINTE.

Proceso artesanal de elaboración del tinte.

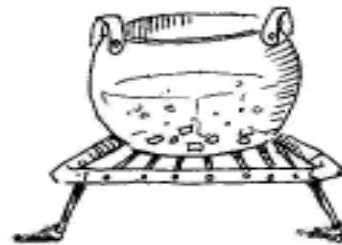
Para elaborar el tinte se debe considerar lo siguiente:

- Recolección del material tintóreo
- Obtención del tinte
- Conservación del tinte

El Añil se molerá lo más finamente posible para que tome buen contacto con la lejía de ceniza (de leña de árbol) que se le agrega para macerar.



La lejía de ceniza es una mezcla de agua pH 7.00 y ceniza de árbol, la cual se mezcla y se espera precipite el líquido el cual es llamado lejía, se espera repose por 24 horas para ser usada.



Pasado este lapso, se calienta la lejía a 80 °C, en este momento se mezcla con el añil para su disolución. Se mezcla cal, hoja de añil y miel para la obtención del tinte. Se agrega agua caliente para aumentar el volumen líquido.

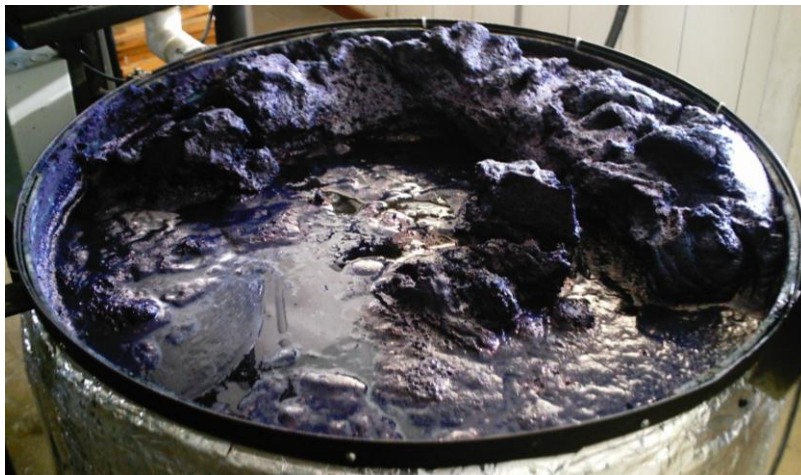


Fig. 1

Color de la espuma del tinte líquido de añil.

Técnicas de teñido textil.

La aplicación de técnicas requiere además del conocimiento básico, hacer uso de la creatividad, pues los diferentes efectos pueden resultar novedosos en cada trabajo realizado; de ahí que se dice que los productos serán únicos, pues repetirlo a cabalidad es difícil. Dentro de las técnicas de teñido podemos mencionar:

- Técnica Shibori (Amarres)

Es un término genérico japonés que designa una técnica ancestral de teñido textil. Consiste en el ennoblecimiento de tejido a base de reserva por presión. La presión se puede efectuar de varias formas: anudando, atando, frunciendo, doblando, enrollando...

- Técnica Batik (Encerado)

El batik es una técnica de impresión con cera sobre tejido natural. El teñido posterior se realiza sobre las partes no cubiertas con cera. Para pequeños retoques se utilizan brochas de distintos tamaños. Así, cada vez que se desea teñir diferentes colores, se tapan las anteriores con cera, quitándose ésta con agua hirviendo o planchado sobre papel de diario.

La cera usada se mezcla con parafina en proporción de 1:2 (uno de cera por dos de parafina)

El uso del pincel no debe ser superficial y tratar de no sobre marcar en la misma cera.

- Técnica Katasome (Empastado)

Técnica que utiliza plantillas de papel teflonado con una malla adherida con barniz. Se prepara la tela a estampar, con engrudo de arroz, esparcido sobre la mesa. Luego se extiende el textil y con la plantilla encima se satura con pasta de harina de arroz las zonas de reserva en las cuales el tinte no penetra.

PROCESO DE APLICACIÓN DEL TINTE:

- Proporción del tejido y del agua.

Por cada litro de agua se agregan 10 Gramos de añil y esto equivale a teñir 80 Gramos de tela, sumergidas 10 veces mientras dure el tinte.

- Proporción del tinte y del fijador:

El tinte debe llevar por cada 10 Gramos de añil, 1 Litro de lejía que hace las veces del mordiente ó fijador.

- Modo de trabajo:

Preparar el baño de tinte según las proporciones mencionadas.

Humedecer el tejido antes de sumergirlo en el baño de tinte.

Sumergir el tejido en el baño de tinte por un minuto y oxigenar por un minuto.

Se sumerge las veces de acuerdo a la intensidad del color deseado.

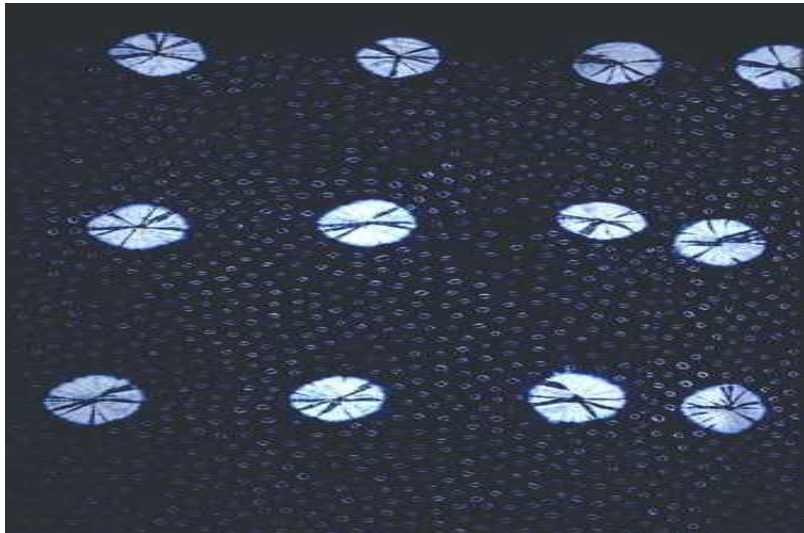


Fig. 2

Técnica de amarres para teñido en tela.

PROCESO DE FIJACIÓN DEL TINTE

- Sacar el tejido del baño de tinte.
- Preparar un baño con el fijador (H_2O caliente con $NaCl$), según las proporciones.
- Dejar por 30 Min. La tela en el fijador.
- Lavar con detergente la tela por 30 Minutos.
- Enjuagar la tela y dejar secar.



Fig. 3

Preparación artesanal del tinte orgánico, ITCA/FEPADE



Fig. 4
Mezcla de materiales tintóreos

ANEXO 2
MAQUINARIA INDUSTRIAL Y
HERRAMIENTAS PARA
FABRICAR EL TINTE.

Máquina productora de tinte a base de añil.

Esta máquina está construida específicamente para producir tinte líquido de añil de forma orgánica, utilizando el polvo de añil como materia prima además la mezcla incluye otros materiales de tipo orgánico que hacen reaccionar al pigmento y provocando una solución tintórea de color azul.

La máquina consta de dos tanques, el tanque uno produce solución de ceniza que sirve de mordiente para la mezcla tintórea y el tanque dos es donde se hace reaccionar el pigmento de añil con los materiales orgánicos y la solución de ceniza. Ambos tanques están controlados por un panel central el cual estabiliza la temperatura en los tanques, 80 °C para el tanque 1 y un rango entre 25 y 30 °C para el tanque 2.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Dimensiones exteriores	
Longitud cm.	237
Anchura cm.	104
Altura cm.	203
Capacidad	
Litros de tinte.	300 -350
Kilogramos de tela a teñir, 10 sumergidas.	40 - 60
Producción	
Tiempo de producción de 300 lts. De tinte en horas	3
Parámetros eléctricos	
Tensión de alimentación. ACV	220
Potencia tanque superior	9000W
Potencia Tanque inferior	6000 W
Potencia Motor DC	127 W
Controladores, contactores y pilotos:	10 W
Total Consumo de potencia	15.14 KW

Maquinaria y equipo para elaborar el tinte orgánico.



Fig. 5

Máquina y Equipo para elaborar el tinte orgánico.

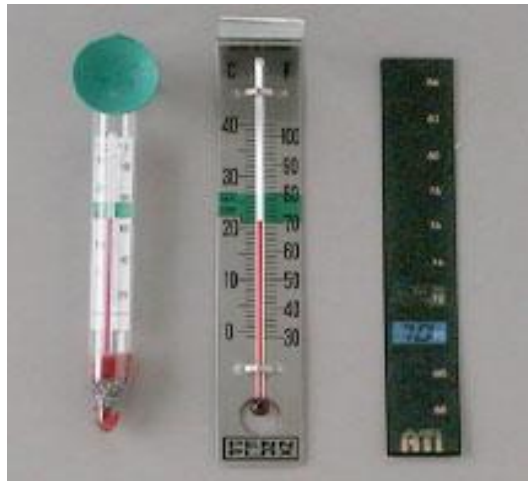


Fig. 6

Termómetro



Fig. 7
Refractómetro de grados brix



Fig. 8
pH-metro

Componentes de la máquina.



Fig. 9
Motoreductor



Fig.10
Álabes de agitación

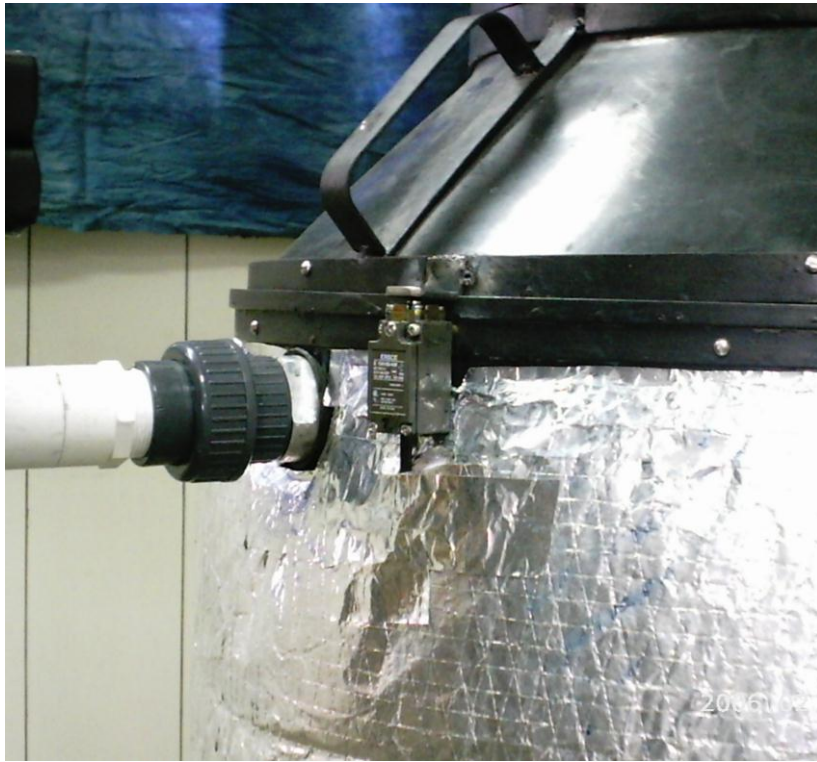


Fig. 11
Micro switch de seguridad del motor.



Fig. 12
Transferencia de fluidos del Tanque 1 al Tanque 2.

Resistencias.

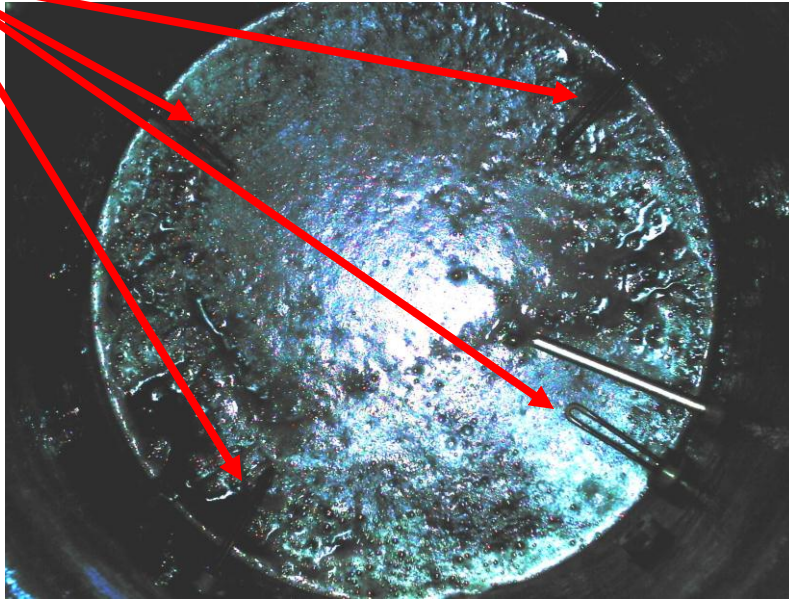


Fig.13

Resistencias para calentamiento de líquidos.

Sensor de temperatura.

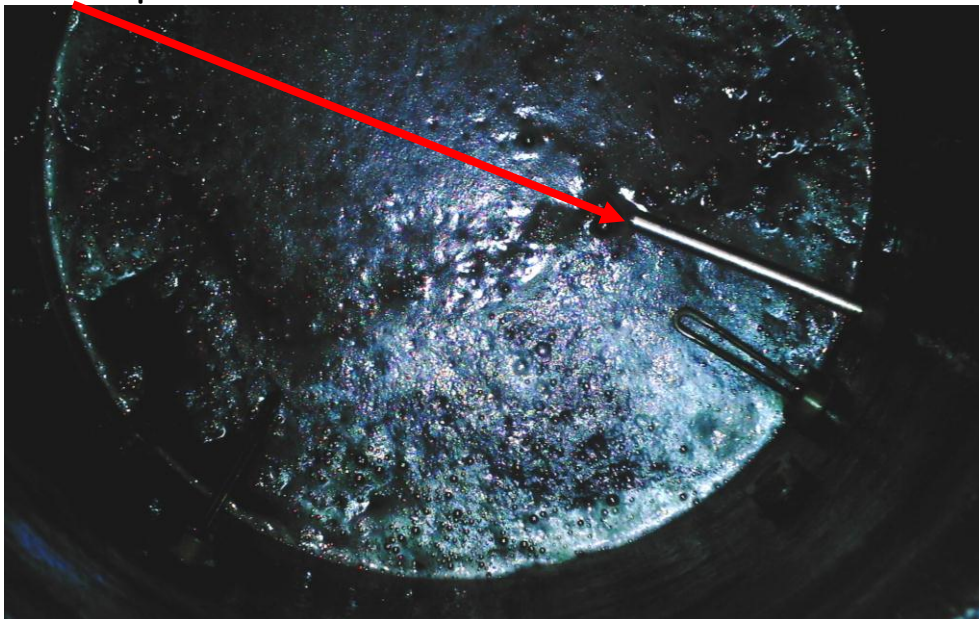


Fig. 14

Sensor de temperatura, Termoposo.



Fig.15
Tablero de control.

ANEXO 3

MATERIA PRIMA Y MATERIALES

Materiales utilizados para la fabricación del tinte orgánico a base de añil.



Fig. 16
Hoja de Añil verde, suffruticosa o guatemalensis.



Fig. 17
La hoja verde se deja secar y se fermenta con agua por una semana.



Fig. 18
Cal Hidratada



Fig. 19
Miel de abeja



Fig. 20
Añil en polvo.



Fig. 21
Ceniza de árbol.

ANEXO 4

INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Visitas realizadas durante la investigación

A) Obrajes.



Fig. 22
Pila de obraje en Chalchuapa.



Fig. 23
Pila de obraje en San Miguel

B) Plantaciones de cultivo de añil.



Fig. 24
Plantaciones de añil en San Miguel.



Fig. 25
Arbusto de añil.

ANEXO 5

PRUEBAS QUÍMICAS

Marcha química utilizada por laboratorio LECC de El Salvador e ITCA-FEPADE respectivamente:

AÑIL

Reactivos.

Ácido sulfúrico concentrado

Ácido sulfúrico 5%

Preparación de la muestra.

Transferir de muestra una cantidad equivalente a 500 mg de Añil exactamente pesado, a balón fondo redondo de 250 mL, agregar 120 mL de Ácido sulfúrico concentrado y 120 ml de perlas de ebullición, colocar en un baño de agua mantenido a 80° C +/- 5° C, y agitar mecánicamente por 90 minutos. Después de transcurrido el tiempo, colocarlo en baño de hielo hasta que este bien frío, diluir a 1000.0 ml con agua (teniendo cuidado a la hora de diluir el agua debe estar fría). Tomar 2.0 ml de muestra y llevar a volumen de 100.0 ml.

Preparación del estándar.

Transferir de estándar una cantidad equivalente a 500 mg de Añil exactamente pesado, a balón fondo redondo de 250 mL, agregar 120 mL de Ácido sulfúrico concentrado y 120 ml de perlas de ebullición, colocar en un baño de agua mantenido a 80 °C +/- 5° C°, y agitar mecánicamente por 90 minutos. Después de transcurrido el tiempo, colocarlo en baño de hielo hasta que este bien frío, diluir a 1000.0 ml con agua (teniendo cuidado a la hora de diluir el agua debe estar fría)

Con esta solución preparar una curva de calibración de concentraciones 2 mcg/ml, 4 mcg/ml, 6 mcg/ml y 8 mcg/ml

Procedimiento.

Determinar la absorción de la muestra y del a curva de calibración de los estándares a una longitud de onda de 610 nm. Utilizar celdas de 1 cm y Ácido sulfúrico 5% como blanco.

IMAGEN I

METODO ANALITICO PARA DETERMINAR EL % DE INDIGOTINA EN EL AÑIL

1. MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR:

beaker de 150 mL y 250 mL de vidrio	Baño de María
Espectrofotometro Perkin Elmer Lambda 11 UV/VIS	espátula
Balanza Analítica	probeta de 25 mL
Piceta	balón volumétrico de 25 mL
Pipeta graduada de 1 mL	pera succionadora
Perlas de ebullición	

2. REACTIVOS

Acido sulfúrico concentrado
Acido sulfúrico al 5 % v/v

3. PROCEDIMIENTO

- Pesar 0.0625 g de muestra de añil en un balón de fondo redondo (e sa variable se llama P).
- Agregarle aproximadamente 23.75 g de perlas de ebullición y 15 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Colocar la mezcla en un baño de maría a 75 °C durante 90 minutos.
- Después de transcurrido el tiempo, se deja enfriar el balón conteniendo la mezcla a una temperatura aproximada de 20 °C.
- Colocar en un beaker de 150 mL 25 mL de agua destilada y verter en el la mezcla anterior incluyendo las perlas de ebullición, se calienta por la acción del ácido y se deja enfriar nuevamente.
- Se decanta la solución en un beaker de 250 mL (excluyendo las perlas de ebullición) estas se lavan con agua destilada hasta que los lavados sean claros y se agregan al beaker conteniendo la solución, luego se afora con agua destilada hasta la marca de 100 mL.
- A partir de la solución madre se preparan 25 mL de los siguientes estándares: 0.5 ppm, 1.0 ppm, 2.0 ppm y 3.0 ppm.
- Se realizan los cálculos respectivos para preparar las soluciones anteriormente descritas, se toman las alícuotas correspondientes para cada estándar y se afora cada una de las soluciones con H₂SO₄ 5%, se calibra el aparato con el blanco (H₂SO₄ 5%).
- Inmediatamente se procede a medir la absorbancia para cada solución estándar y la muestra y se realiza el cálculo siguiente para cada uno:

$$E_{1\%} = \frac{\text{vol (mL)} \times \text{ABS}}{p \text{ (g)} \times 100}$$

$$\% \text{ indig.} = \frac{E \text{ 1\% muestra}}{E \text{ 1\% estándar}} \times 100$$

A continuación se muestra el formulario utilizado para recolectar los resultados de las pruebas de durabilidad y estandarización de materiales del tinte:

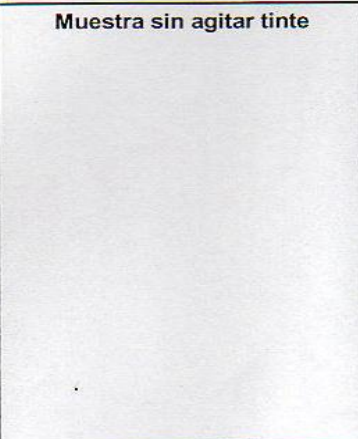
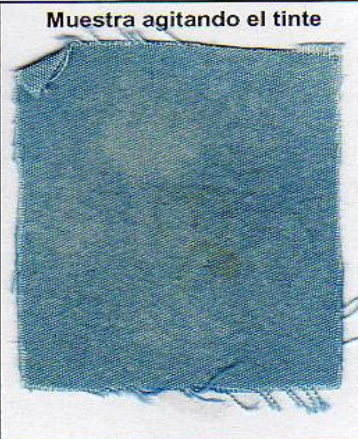
Formulario de seguimiento experimental	
Teñido con añil	
Nombre del que toma la muestra: _____	
Fecha: <u>29/9/04</u>	Hora: _____ No. de Muestra: <u>33</u>
Muestra sin agitar tinte	Muestra agitando el tinte
	
Temperatura ambiente: _____	
Temperatura del tinte: <u>22.9°C</u>	
% de indigotina: <u>7.75</u>	
pH del tinte: <u>14.51</u>	
Grados brix: _____	
Tipo de fibra: _____	
Tipo de tela: _____	
Observaciones: _____	

Fig. 26

Gráficas de absorción hechas en fotospectrometro para calcular el porcentaje de Análisis.

Fig. 27

X: USER009; 600.0 - 800.0 nm; pts 201; int 1.00; ord -0.003 - 0.0205 A
Inf: ESPECTRO DE ABSORCION DE INDIGOTINA MUESTRA 33 DE 0.5

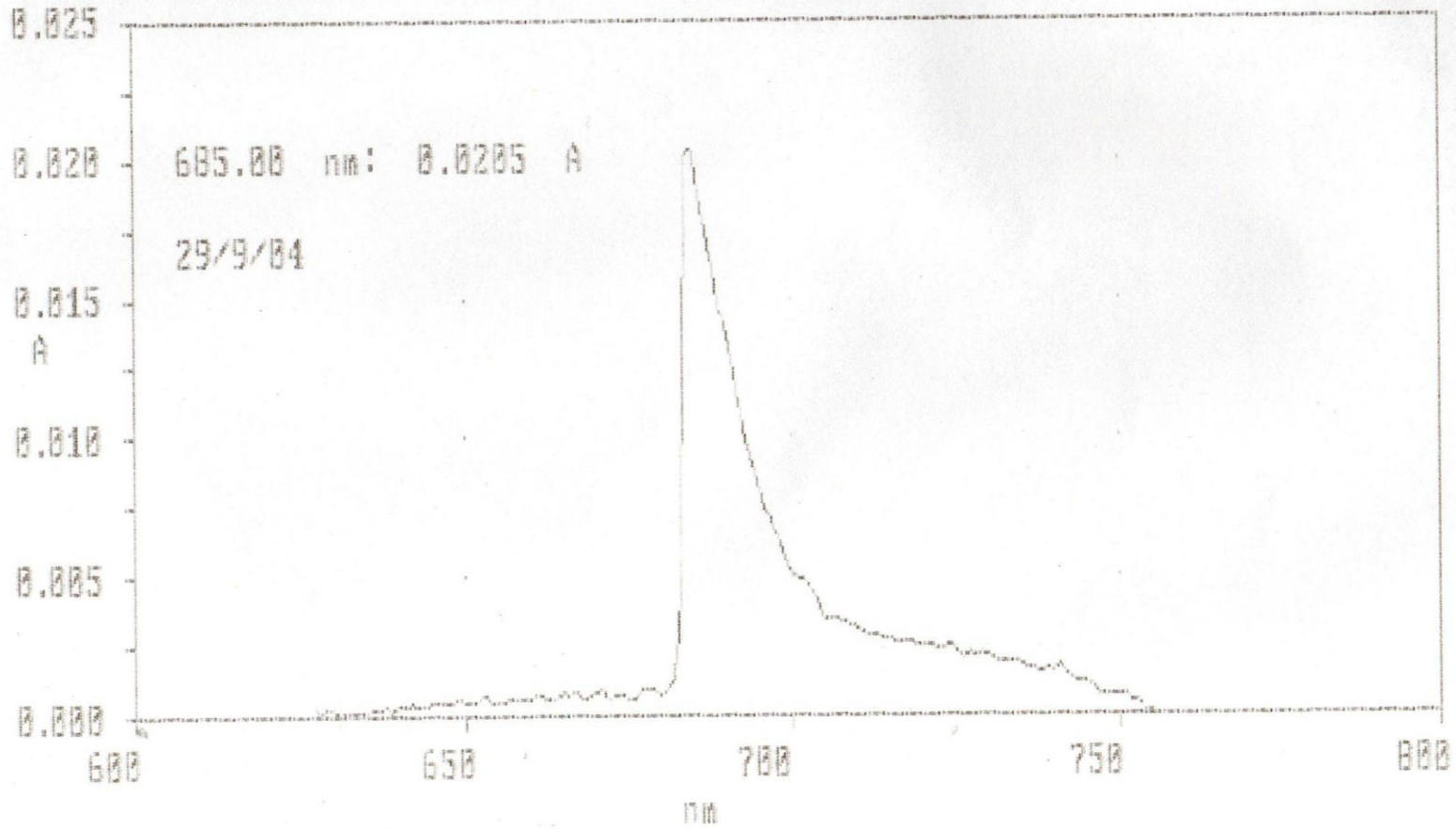


Fig. 28.

X: USER013; 600.0 - 800.0 nm; pts 201; int 1.00; ord -0.002 - 0.0302 A
Inf: ESPECTRO DE ABSORCION DE INDIGOTINA MUESTRA 33 DE 2.0

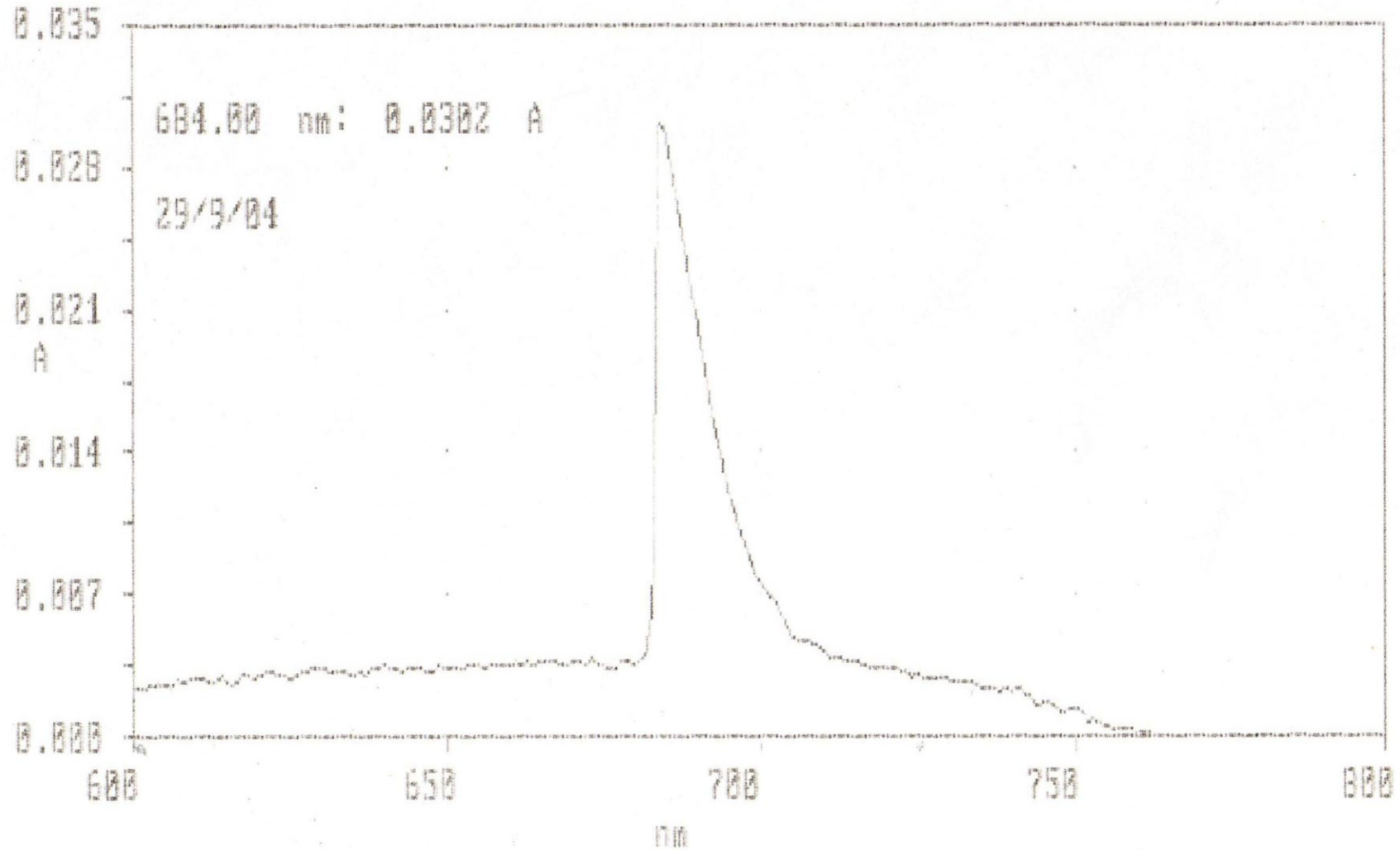


Fig. 29

K: USER013; 800.0 - 600.0 nm; pts 201; int 1.00; ord -0.002 - 0.0302 A
Inf: ESPECTRO DE ABSORCION DE INDIGOTINA MUESTRA 33 DE 2.0

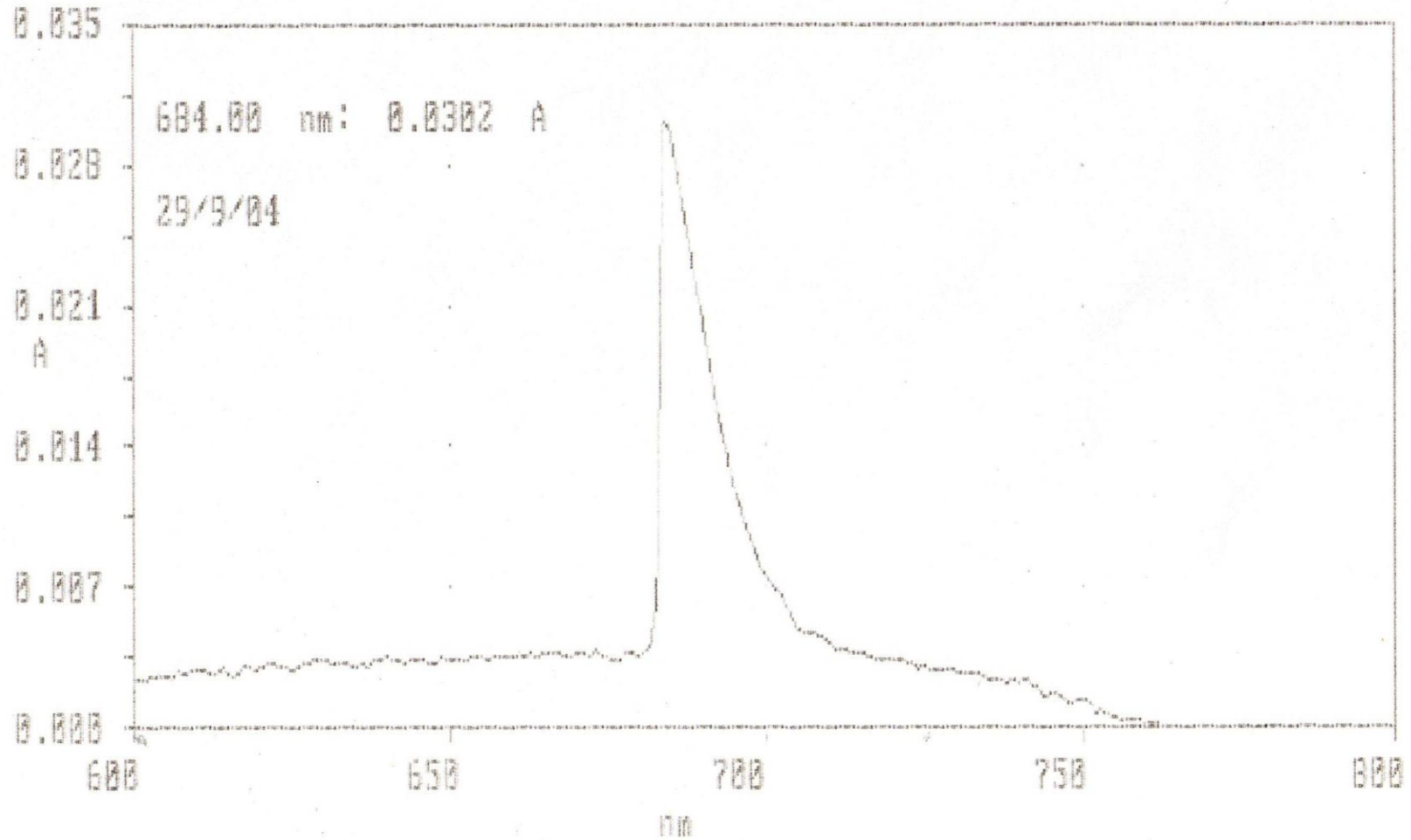
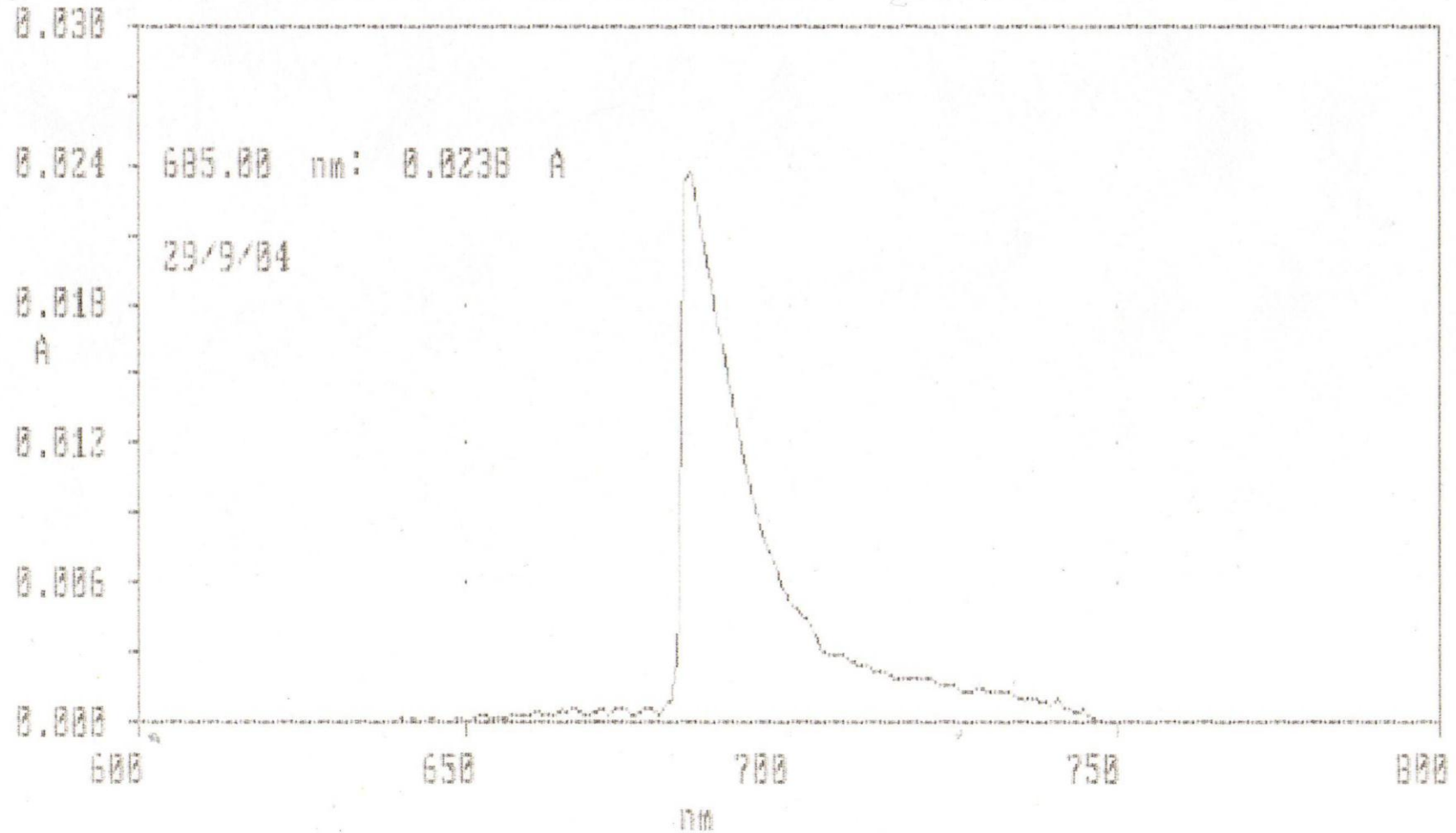


Fig. 30

X: USER011; 600.0 - 800.0 nm; pts 201; int 1.00; ord -0.003 - 0.0238 A

Inf: ESPECTRO DE ABSORCION DE INDIGOTINA MUESTRA 33 DE 1.0



Formulación para determinar el porcentaje de indigotina de la muestra 33.

Alícuota de 0.125

$$\frac{(0.125) (0.0205)}{(0.062) (100)} = \frac{2.5625 \times 10^{-3}}{6.2} = 4.1331 \times 10^{-4}$$

Alícuota de 0.25

$$\frac{(0.25) (0.0238)}{(0.062) (100)} = \frac{5.95 \times 10^{-3}}{6.2} = 9.5968 \times 10^{-4}$$

Alícuota de 0.50

$$\frac{(0.50) (0.0302)}{(0.062) (100)} = \frac{0.0151}{6.2} = 2.4355 \times 10^{-3}$$

Alícuota de 0.75

$$\frac{(0.75) (0.0392)}{(0.062) (100)} = \frac{0.02565}{6.2} = 4.1331 \times 10^{-3}$$

$$\bar{X}_{33} = \frac{7.94559 \times 10^{-3}}{4} = 1.9863975 \times 10^{-3}$$

$$[\text{Conc \%}] = \frac{1.9863975 \times 10^{-3}}{0.0256385} \times 100 = \mathbf{7.75\%}$$

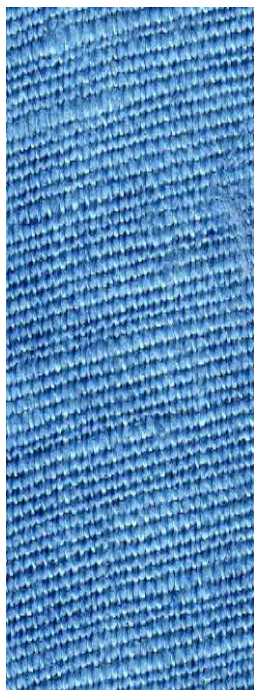
Se determina que la solución necesita ser oxigenada por lo menos una vez al día para que el tinte mantenga su propiedad tintórea, por tanto no es posible mantener el tinte embotellado pero con este experimento pudimos determinar que si el tinte se mantiene a una temperatura estable entre 25 a 30 °C la calidad tintórea y su durabilidad puede mejorar, dicha conjetura la probaremos con otro experimento. Conclusión: logramos obtener mediante pruebas cuantitativa los materiales que pueden producir un mejor rendimiento del tinte bajo las siguientes especificaciones:

Materiales.	Estandarización química.
Ceniza.	Hierro, Calcio, Sodio, Potasio.
Cal en polvo.	Hidróxido de calcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
Miel.	Ácido Glucónico, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ y Aminoácidos.
Agua.	H_2O - pH 7.0.
Añil en polvo.	<i>Indigófera guatemalensis</i> .
Hoja de añil.	<i>Indigófera guatemalensis</i> .

TABLA A1

Muestras de teñido textil con añil de diferentes porcentajes de pureza.

35% de indigotina.
a.



45% de indigotina.
b.



49% de indigotina.
c.



Fig. 31

En los textiles es mejor utilizar un añil que tenga una mayor gama de azules, es decir que si partimos de un tinte mas claro podremos obtener celestes y azules oscuros dependiendo de la cantidad de sumergidas. La figura "a" muestra un celeste de mayor brillo, mientras las figuras "b" y "c" muestran un azul mas oscuro.

Las tres muestras fueron sumergidas una vez durante un minuto y oxigenadas durante un minuto.

En cuanto a las pruebas de fijación del tinte se lavaron con detergente 10 camisetas de algodón 30 veces cada una (se determinó treinta lavadas pues la vida útil de la tela se termina y comienza a presentar picaduras) y los resultados muestran que después de la 5ª lavada se observa que el tinte en la camiseta no se desprende, sin embargo con el uso continuo de la camiseta, el contacto con el sol y las posteriores lavadas disminuirá la intensidad del color, al igual que un tinte sintéticamente elaborado.

Conclusión: Las muestras desteñidas establecen un 85% de fijación en la tela ya que no es notoria la pérdida del tinte después de la 5ª lavada.

Experimento:

Camiseta 100% algodón teñida a cuatro sumergidas de un minuto.

Lavadas	1 Camiseta	2 Camiseta	3 Camiseta	4 Camiseta	5 Camiseta	6 Camiseta	7 Camiseta	8 Camiseta	9 Camiseta	10 Camiseta
1	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe
2	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe
3	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe
4	Destiñe	Destiñe	X	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe
5	X	Destiñe	X	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	Destiñe	X	Destiñe
6	X	X	X	Destiñe	X	Destiñe	Destiñe	X	X	Destiñe
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	X	X	X	X	X	X	X	X	Picadura	X
30	Picadura	X	Picadura	X	X	Picadura	Picadura	Picadura	Picadura	X

TABLA A2

Pruebas de alcoholización y dilución del añil.

Dilución en agua.

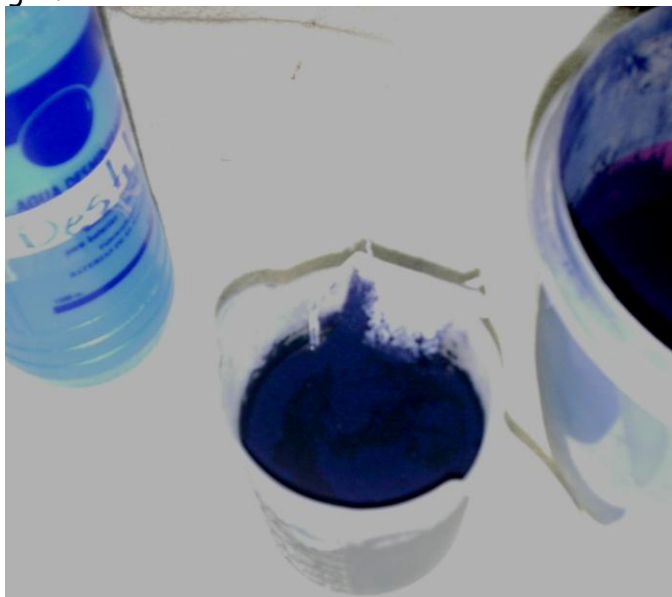


Fig. 32
El añil no puede diluirse en agua.

Dilución en alcohol.



Fig. 33
Se diluye fácilmente en alcohol y se produce tinción en los textiles.

ANEXO 6

FUERZA MORDIENTE.

Pruebas de color.



Fig. 34a.
Teñida en degradación de color.

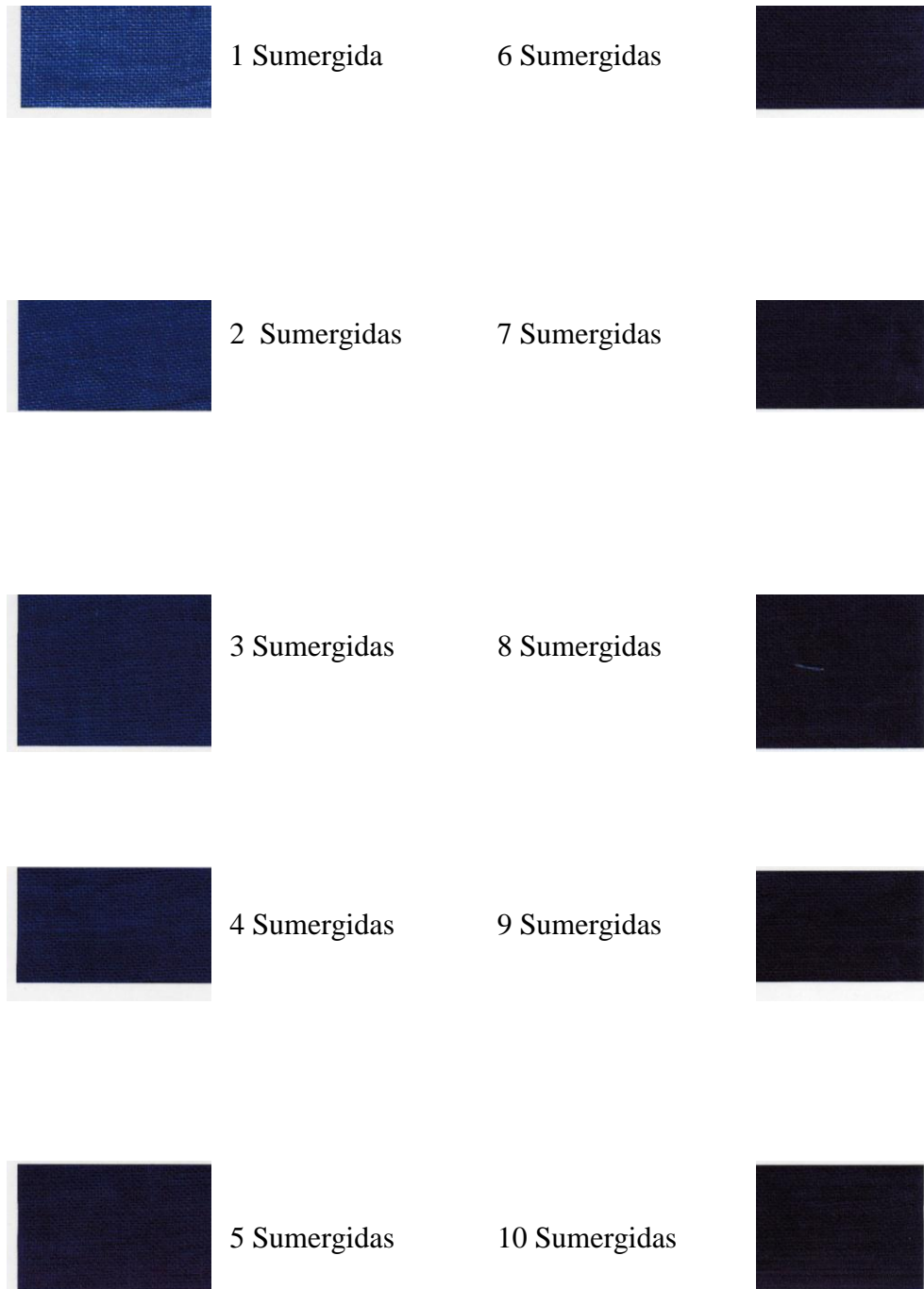


Fig. 34b.
Camiseta, teñido sólido, 15 sumergidas.

PRUEBAS DE TEÑIDO TEXTIL.

Todas las pruebas se sumergen un minuto en el tinte y un minuto se oxigenan.

Fig.35



ANEXO 7

DIAGRAMA DE PROCESOS

DIAGRAMA DE PROCESOS

Proceso de fabricación del tinte orgánico.

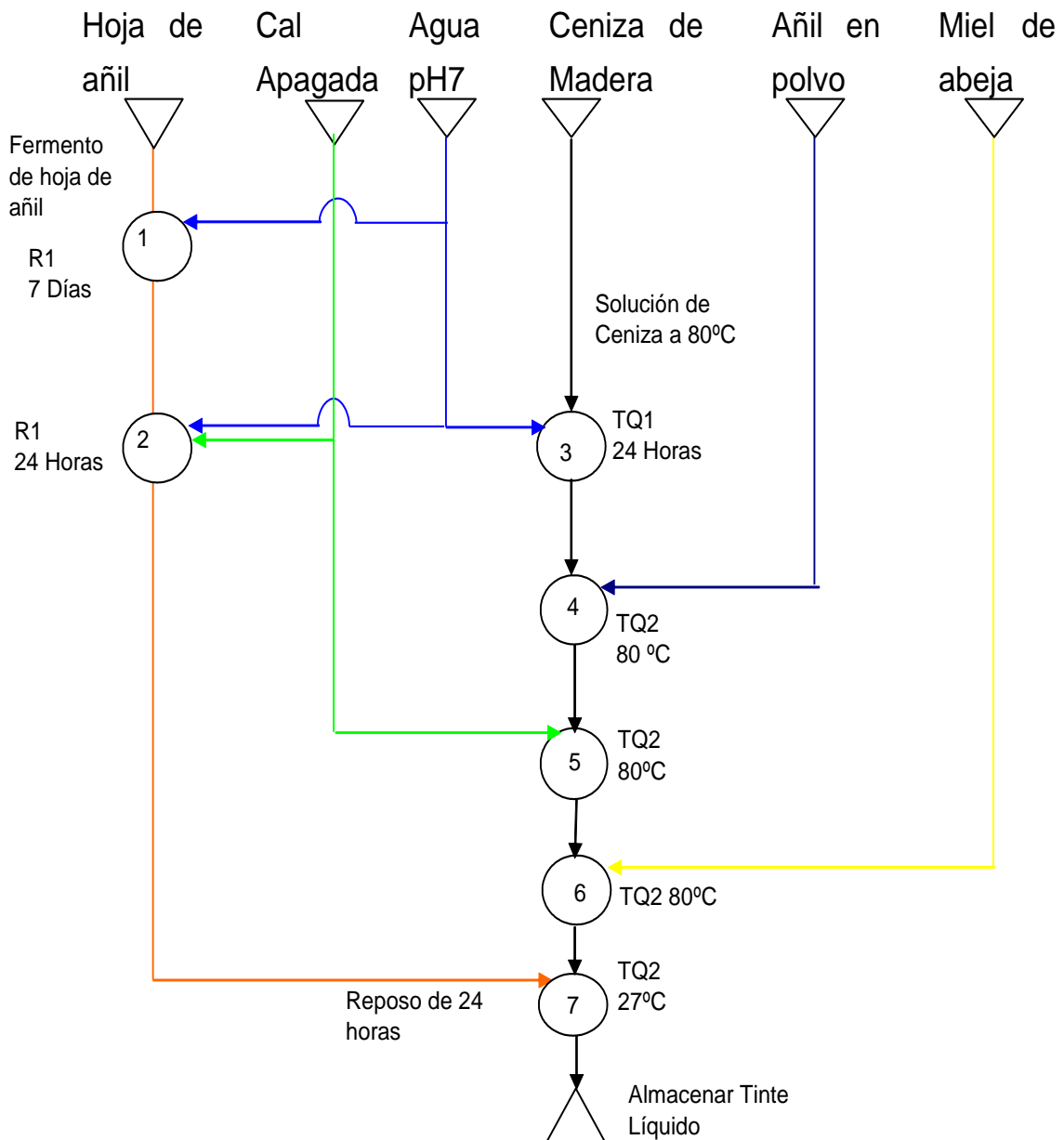


FIG. 36

ANEXO 8

DIAGRAMA ELÉCTRICO

DIAGRAMA DE CONTROL MAQUINA TINTE AÑIL

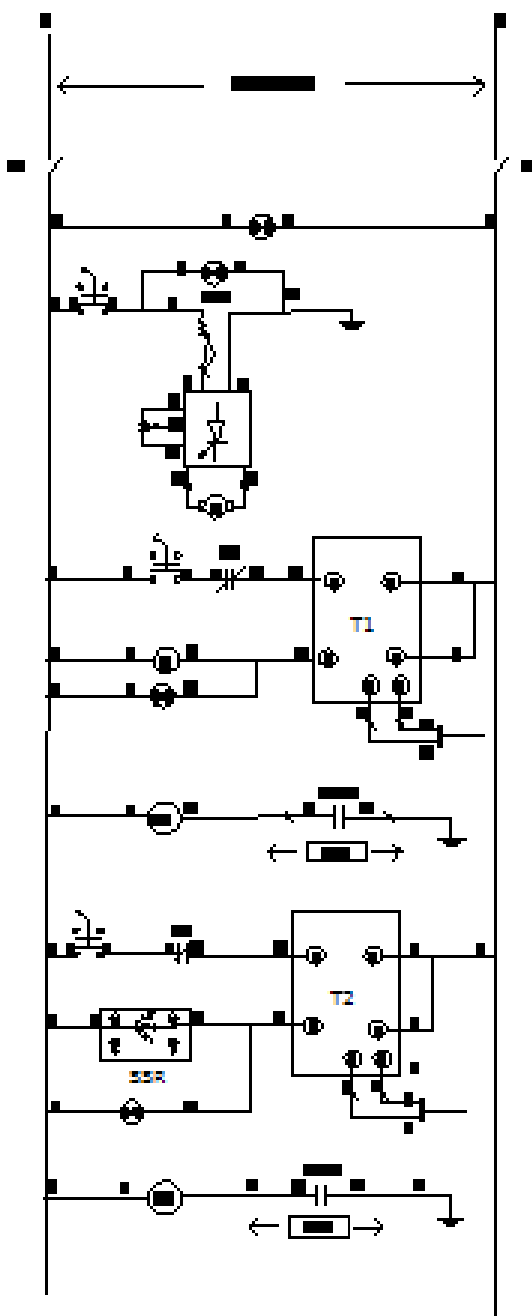
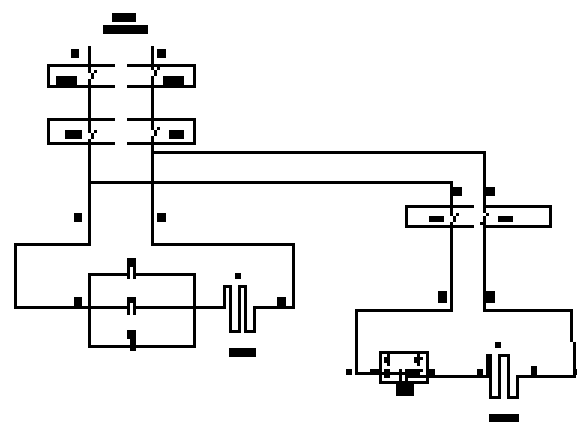


DIAGRAMA DE FUERZA MAQUINA TINTE AÑIL



SIMBOLOGIA

	LAMPARA PILOTO
	SELECTOR
	CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTOR DC 1/3 HP 90 / 100 VDC
	LINEA NEUTRO
	MOTOR DC 1/3 HP 90 VDC 147 RPM
	BOBINA DE RELAY DE CONTROL
	BOBINA DE CONTACTOR
	IMAN MOVIL
	POTENCIOMETRO
	SSR, RELE DE ESTADO SOLIDO.
	CANALIZACION ELECTRICA
	BORNERA DE SALIDA EXTERNA AL TABLERO
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO
	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
	SENSOR FT-100
	RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO.
	CIRCUITS BREAKERS
	MODULO DIGITAL DE CONTROL DE TEMPERATURA
	REED (DETECTOR MAGNETICO)
	FINAL DE CARRERA

ANEXO No.	FIG. No.	ITCA-FEPADE
8	37	
CONTROL ELÉCTRICO		
ESC: 1:10	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO PROYECTO DE AÑIL	

ANEXO 9

EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA Y DEL PROCESO.

Vaciado de solución de ceniza del tanque 1 al tanque 2, a 80 °C.



Fig. 38

La fermentación de la hoja de añil debe prepararse con una semana de anticipación a la producción del tinte. El Color cobrizo indica que puede generar un buen proceso de extracción.



Fig. 39

Las mezclas de tinte, miel y cal deben ser proporcionales según muestra el proceso.



Fig. 40

La oxigenación del tanque es la óptima. Crea espuma en grumos y coagulada.



Fig. 41

Las muestras del teñido textil fueron de color azul intenso.



Fig.42

ANEXO 10

COSTOS DEL PROYECTO

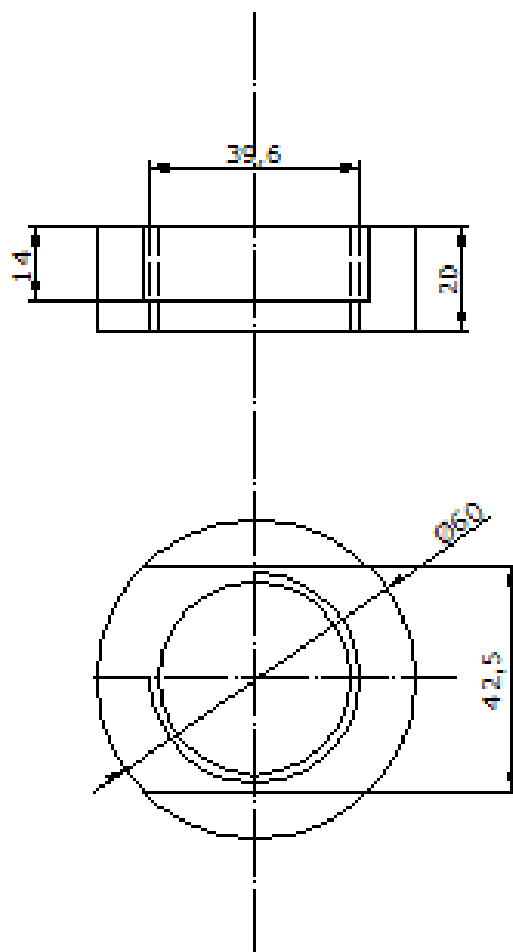
Costos del proyecto

#	Detalle	Costo Total
2004		
1	Depósitos plásticos para elaboración de maquinaria.	\$ 300.00
2	Elementos eléctricos y mecánicos	\$ 4,500.00
3	Otros materiales para fabricación de maquinaria.	\$ 200.00
4	Materia prima y materiales de teñido	\$ 200.00
5	Mano de obra. (32 horas hombre x 8)	\$ 1,536.00
6	Transporte.	\$ 100.00
7	Papelería y copias	\$ 25.00
8	Consumo eléctrico.	\$ 68.61
9	Consumo de agua potable.	\$ 66.30
TOTAL 2004		\$ 6,995.91
2005		
1	Elementos eléctricos	\$ 1,787.00
2	Materiales metálicos	\$ 400.00
3	Reactivos químicos	\$ 75.00
4	Materiales de estética y puesta a punto de la máquina.	\$ 285.00
5	Materia prima y materiales de teñido	\$ 447.50
6	Forro térmico de la máquina.	\$ 188.00
7	Transporte.	\$ 25.00
8	Papelería, copias y útiles	\$ 25.00
9	Consumo eléctrico.	\$ 400.00
10	Consumo de agua potable.	\$ 40.00
11	Mano de obra.	\$ 1,985.25
TOTAL 2005		\$ 5,657.75
2006		
1	Moto reductor	\$ 500.00
2	Tornillos	\$ 40.00
3	Tuberías	\$ 15.00
4	Mano de obra	\$ 500.00
TOTAL 2006		\$ 1,055.00
TOTAL DE TODO EL PROYECTO		\$ 13,708.66

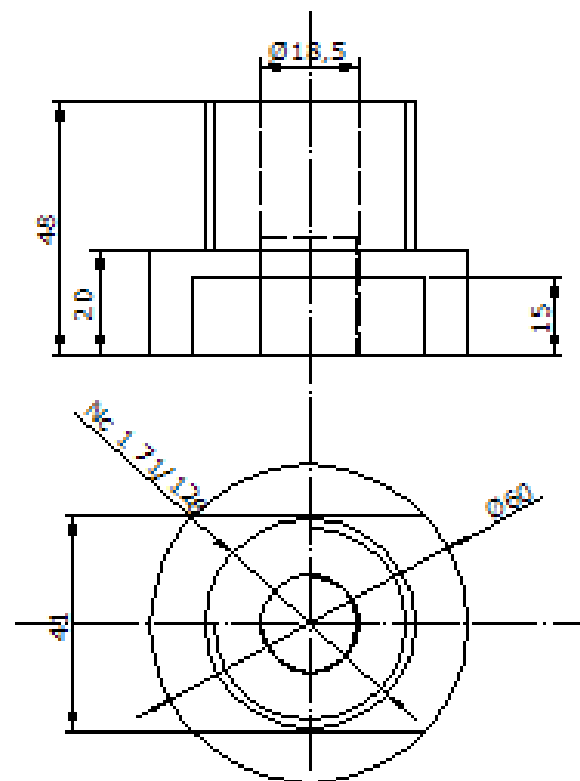
TABLA A3

ANEXO 11

PLANOS

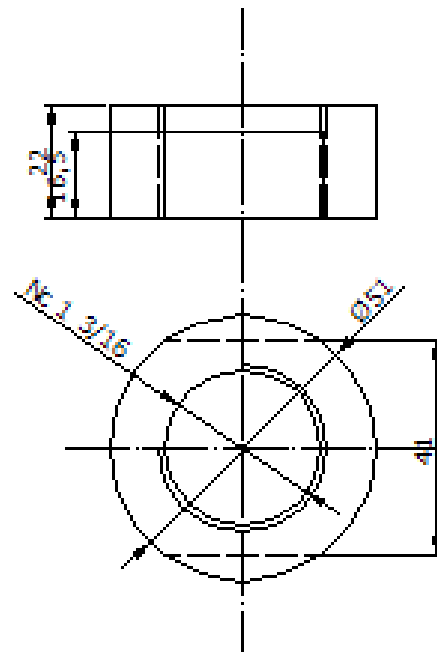


PIEZA 1

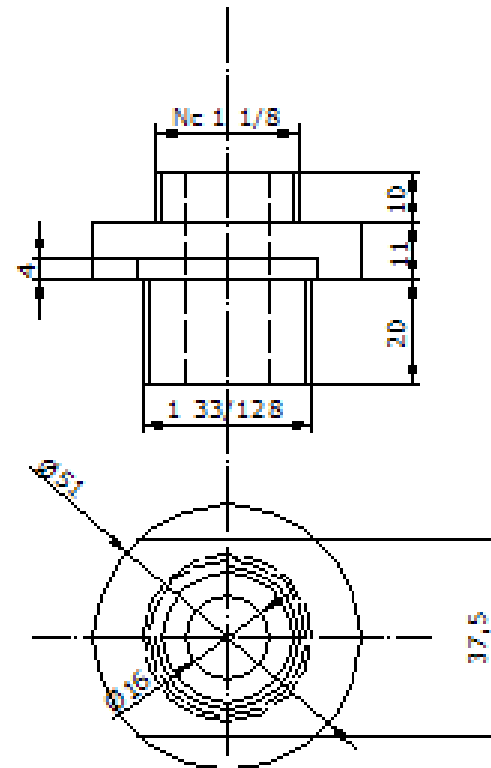


PIEZA 2

1	2	Porta Resistencia	ALUMINIO
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE	
11	43		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		JUEGO 2
1:1	PORTA RESISTENCIA		COTAS mm

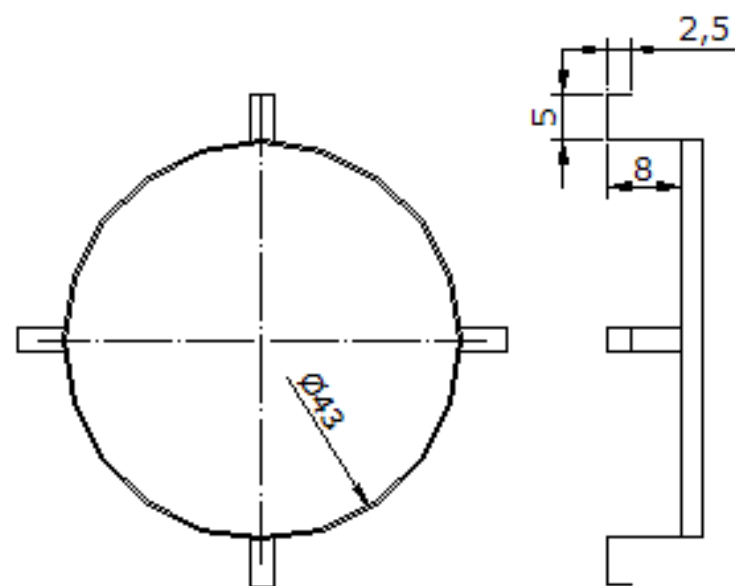


PIEZA 1

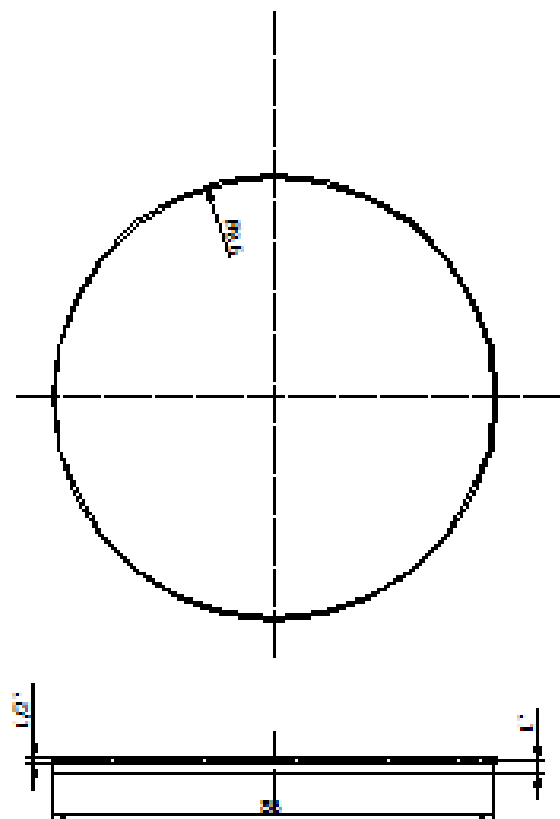


PIEZA 2

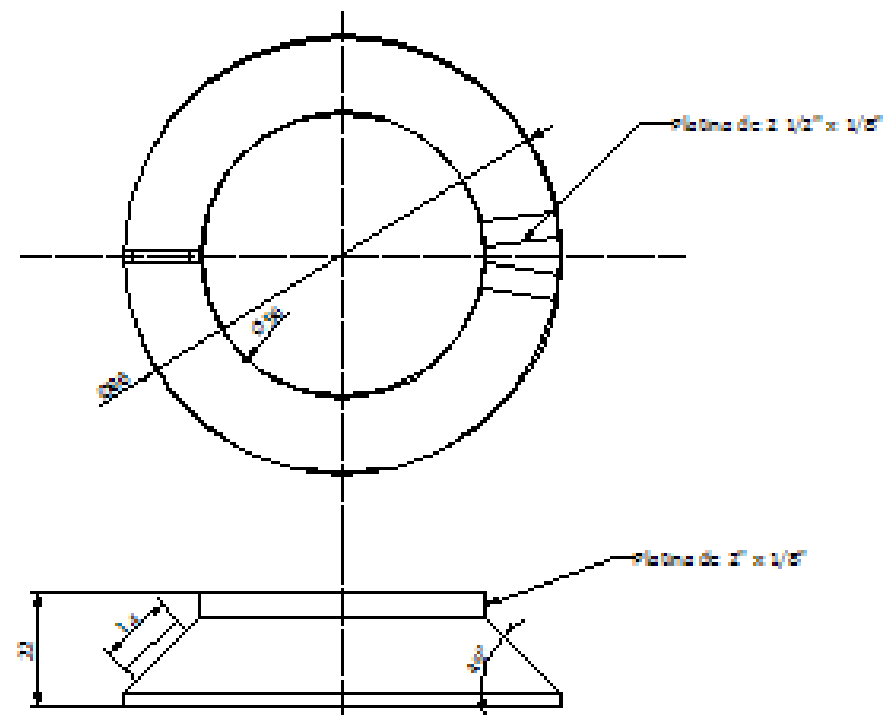
1	2	BASE PARA TERMOCUPLA	ALUMINIO
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE	
11	44		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1	BASES PARA SENSOR RTD (DT100)		COTAS mm



1	1	ARO QUE SOPORTA EL FILTRO PARA LA CENIZA	HIERRO
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO No.		FIGURA No.	ITCA-FEPADE
11		45	
ESC:		EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO	
1:1		SOPORTE DE FILTRO	COPIAS cm



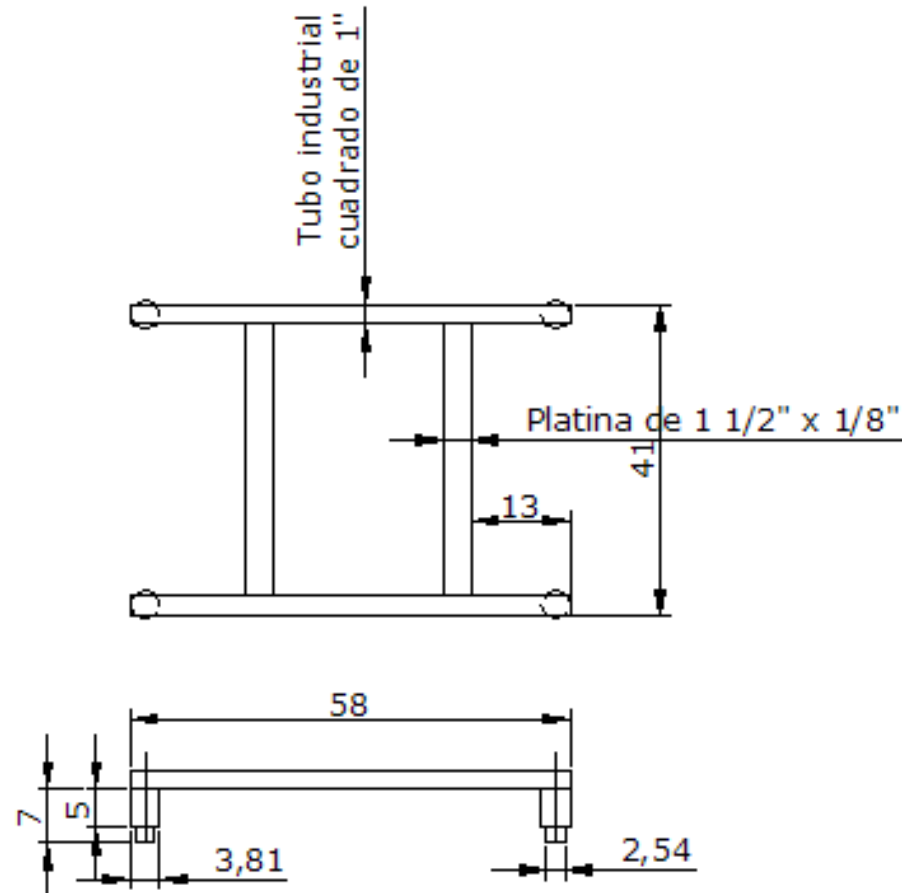
Aro inferior
Dos arcos, de platina de 1" x 1/8"



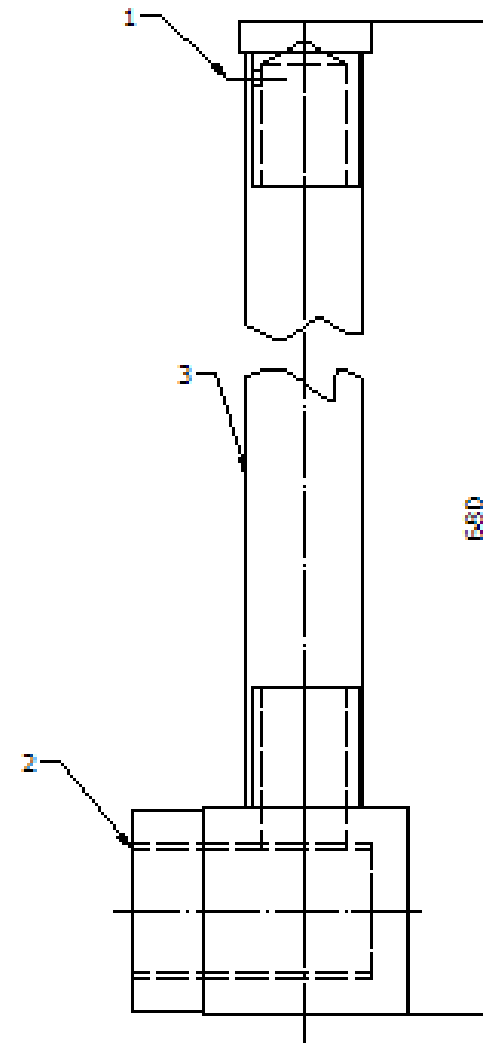
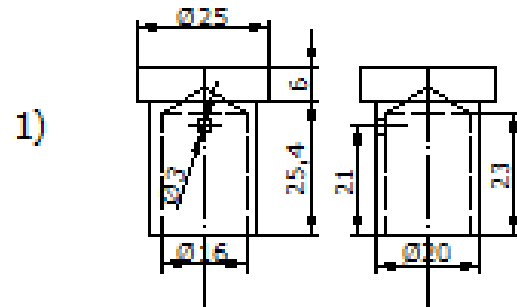
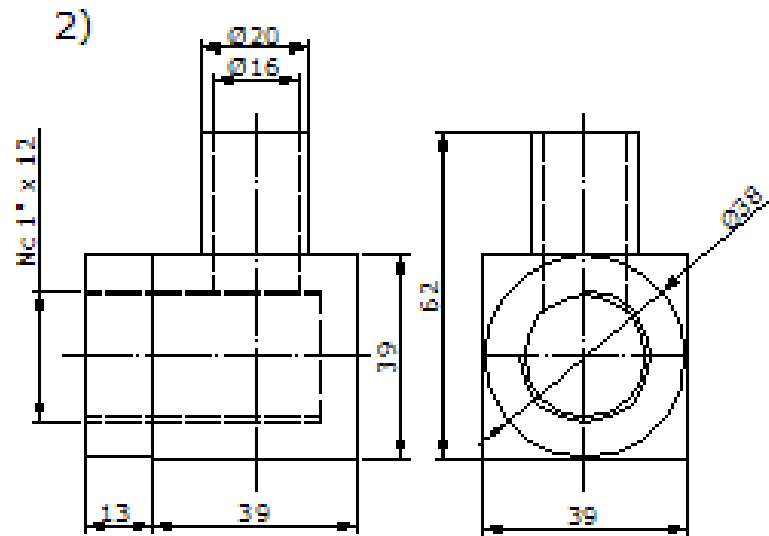
todo la estructura de platina de 1" x 1/8"

Aro superior

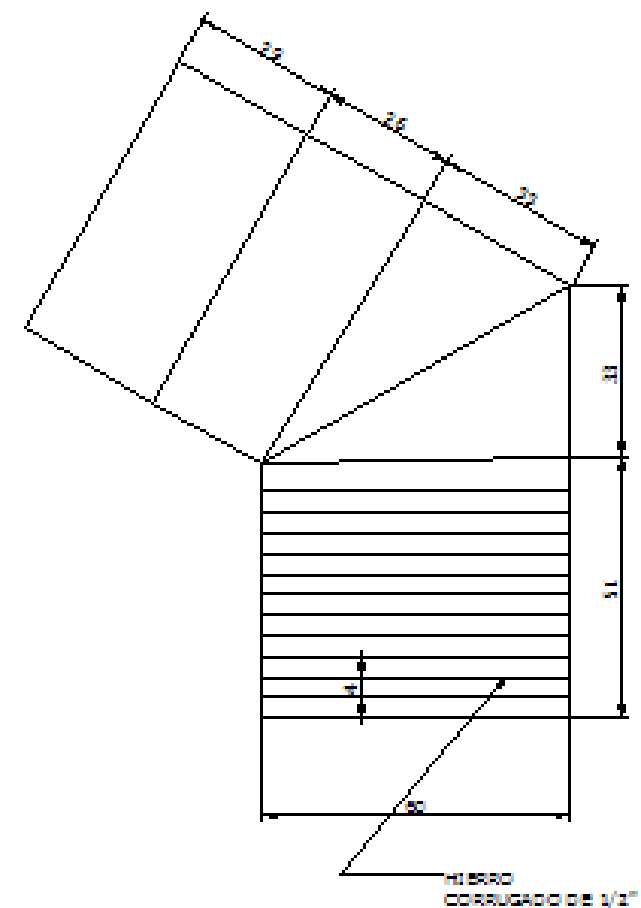
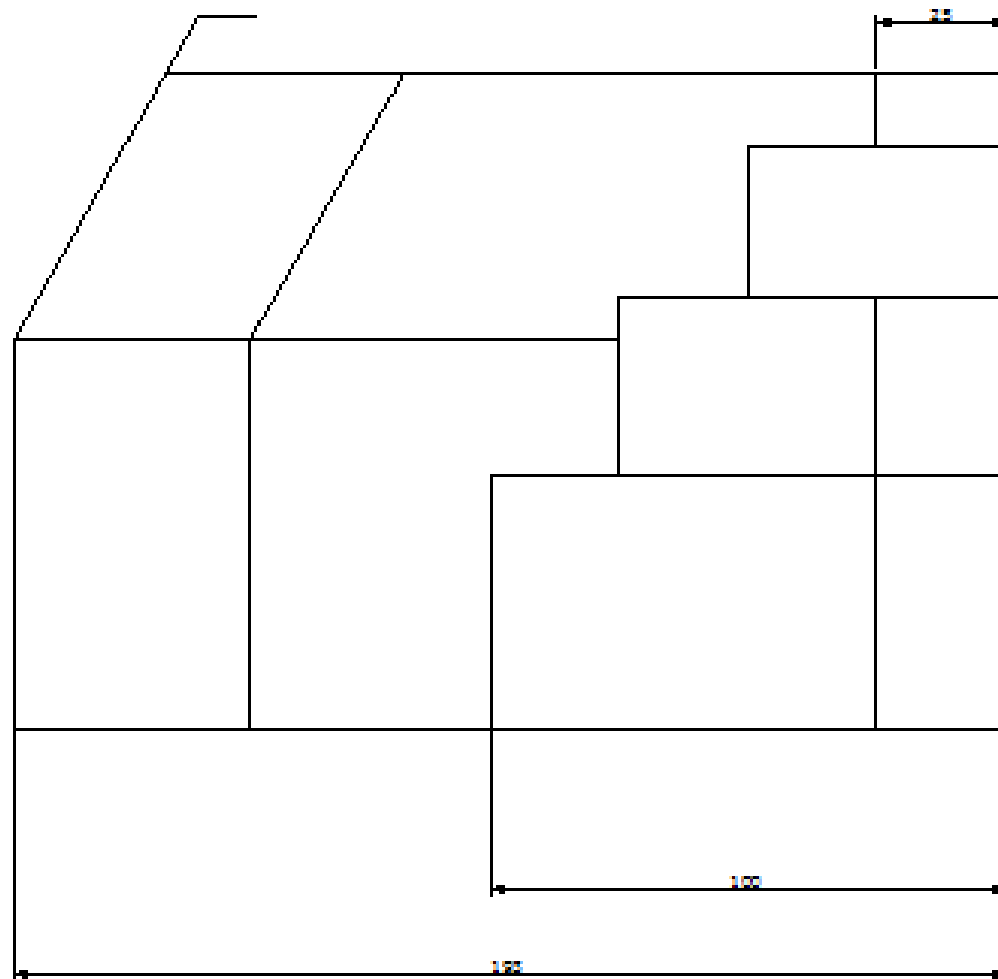
1	2	ARCOS		HEBRADO
No.	CANTIDAD	DENOMINACION		MATERIAL
ANEXO	FIGURA	ITCA-FEPADE		
11	48			
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO			
1:1	ARCOS DE REFUERZO TANQUE 2		COTAS en	



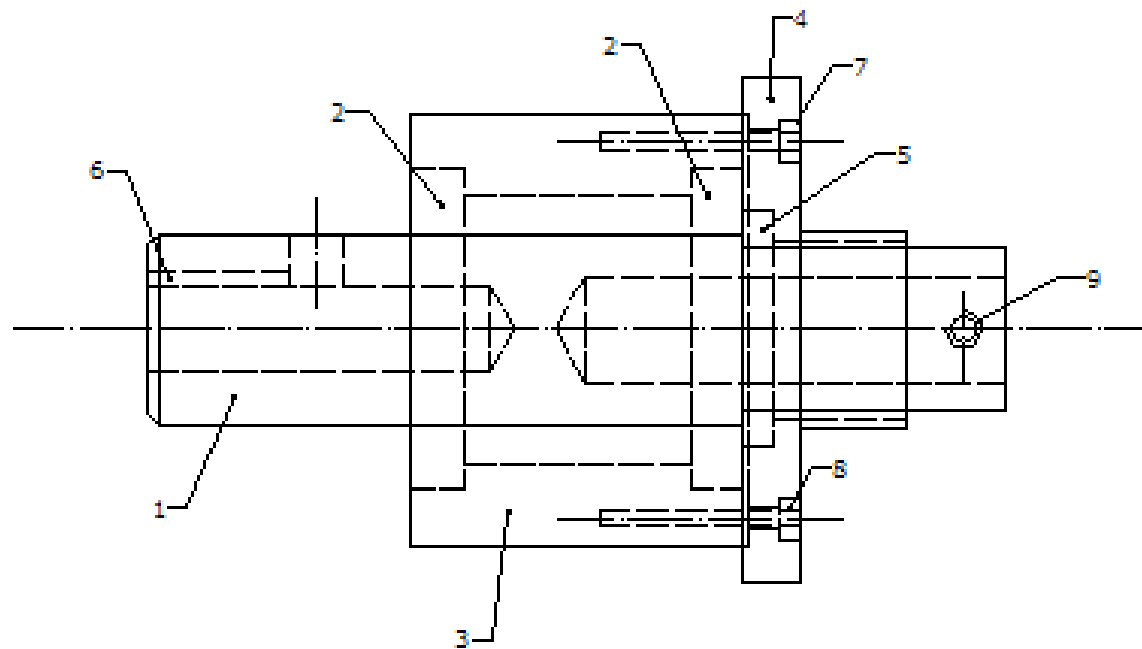
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
1	1	ACRILES DE SOPORTE DE TANQUES	
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE	
11	47		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1			COTAS cm



3	1	VISOR	PLASTICO
2	1	CODO DEL VISOR	ALUMINIO
1	1	TAPON DEL VISOR	ALUMINIO
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE	
11	48		
ESC: 1:1	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
	VISOR		COTAS mm



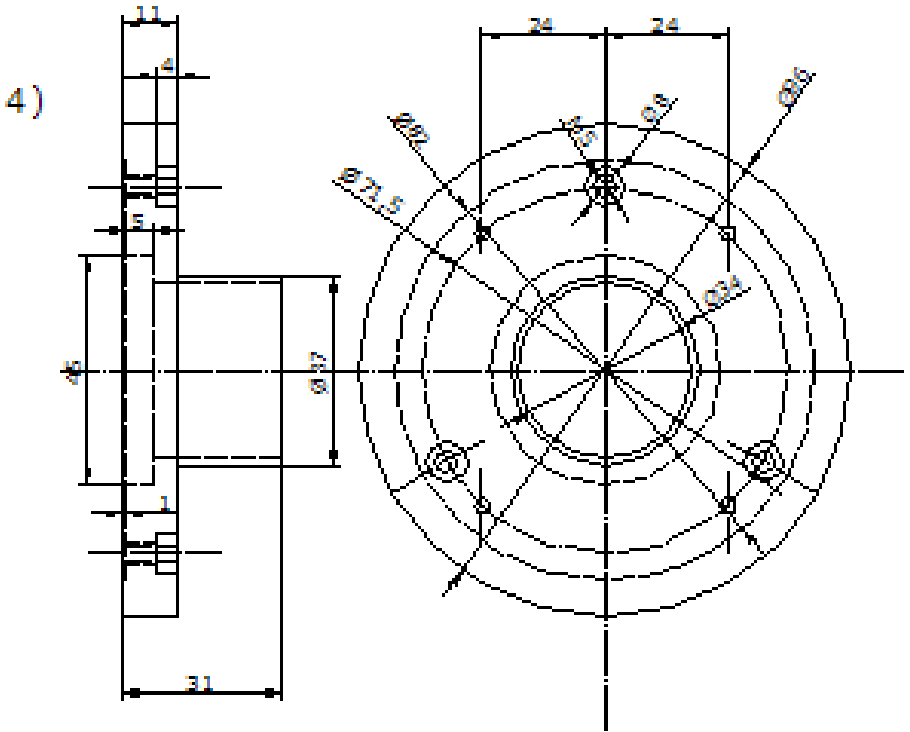
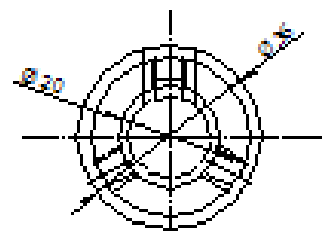
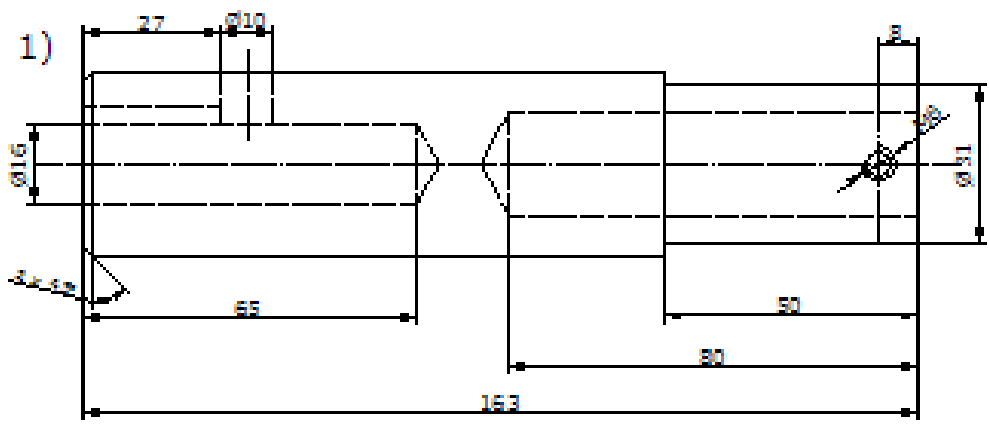
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO	FIGURA	ITCA-FEPADE	
11	49		
ESC: 1:1	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO ESCALERAS		COTAS cm



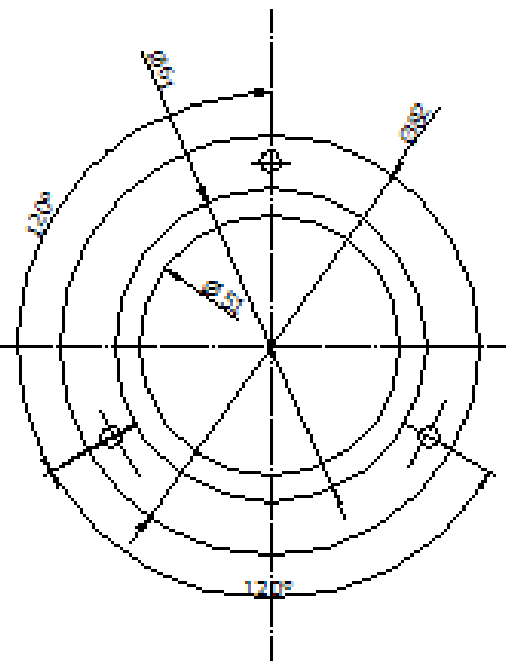
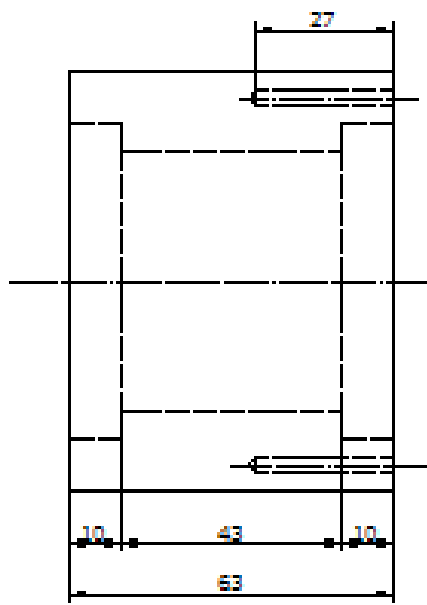
9	3	Franelones M5	
8	3	Perno cabeza Allen M5	
7	4	Tornillo M5, tipo philips	
6	1	Langueta 27 x 5 x 3	
5	1	Rotecedor 45 x 31 x 8	
4	1	Brida	Aluminio
3	1	Soporte del acople	Nylon
2	2	Balero 6007L8	
1	1	eje del acople	acero inoxidable
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL

ANEXO	FIGURA	ITCA-FEPADE
11	50	

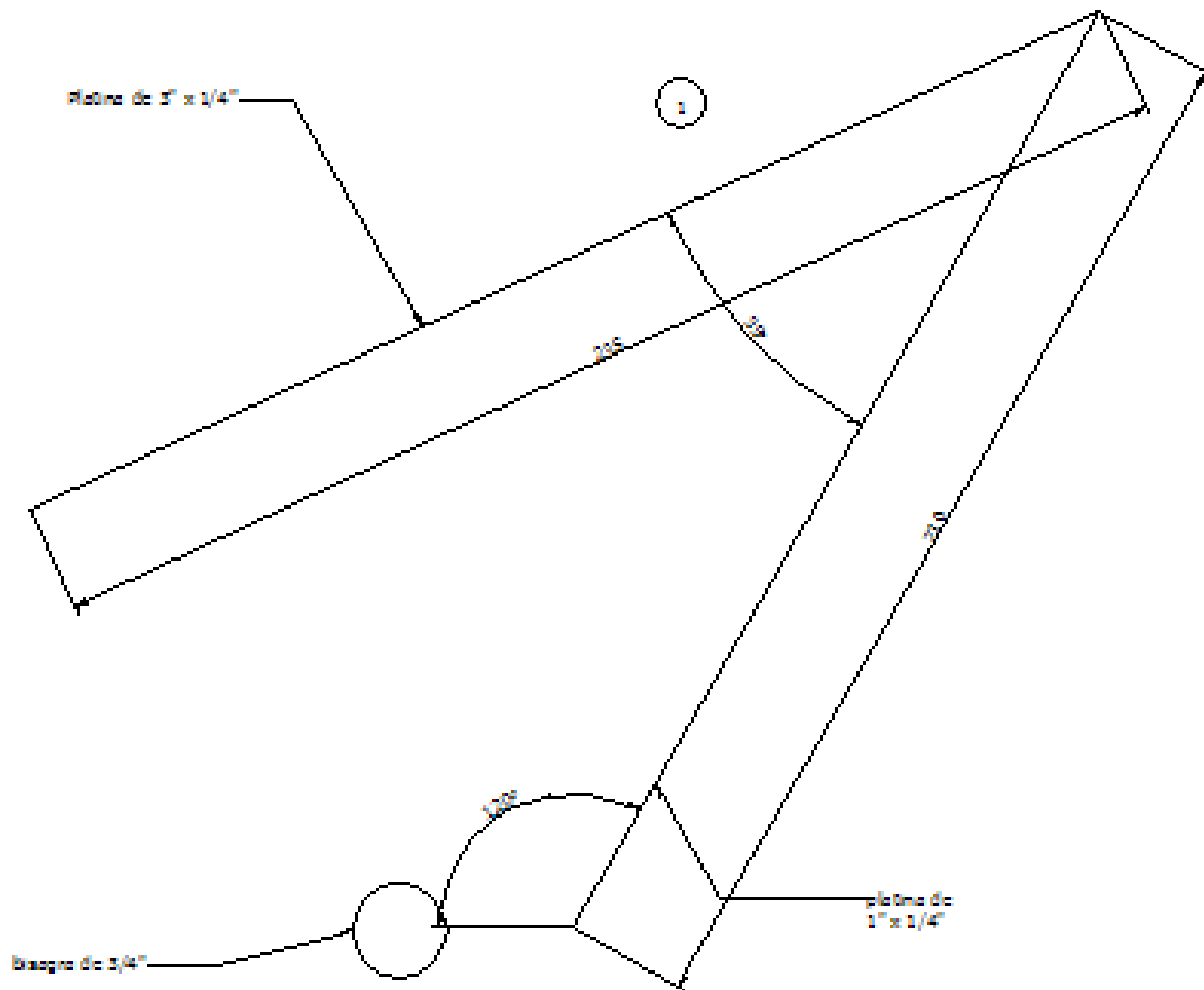
ESC: 1:1	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO	
	Acople del motor	COTAS mm



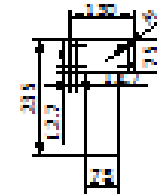
3)



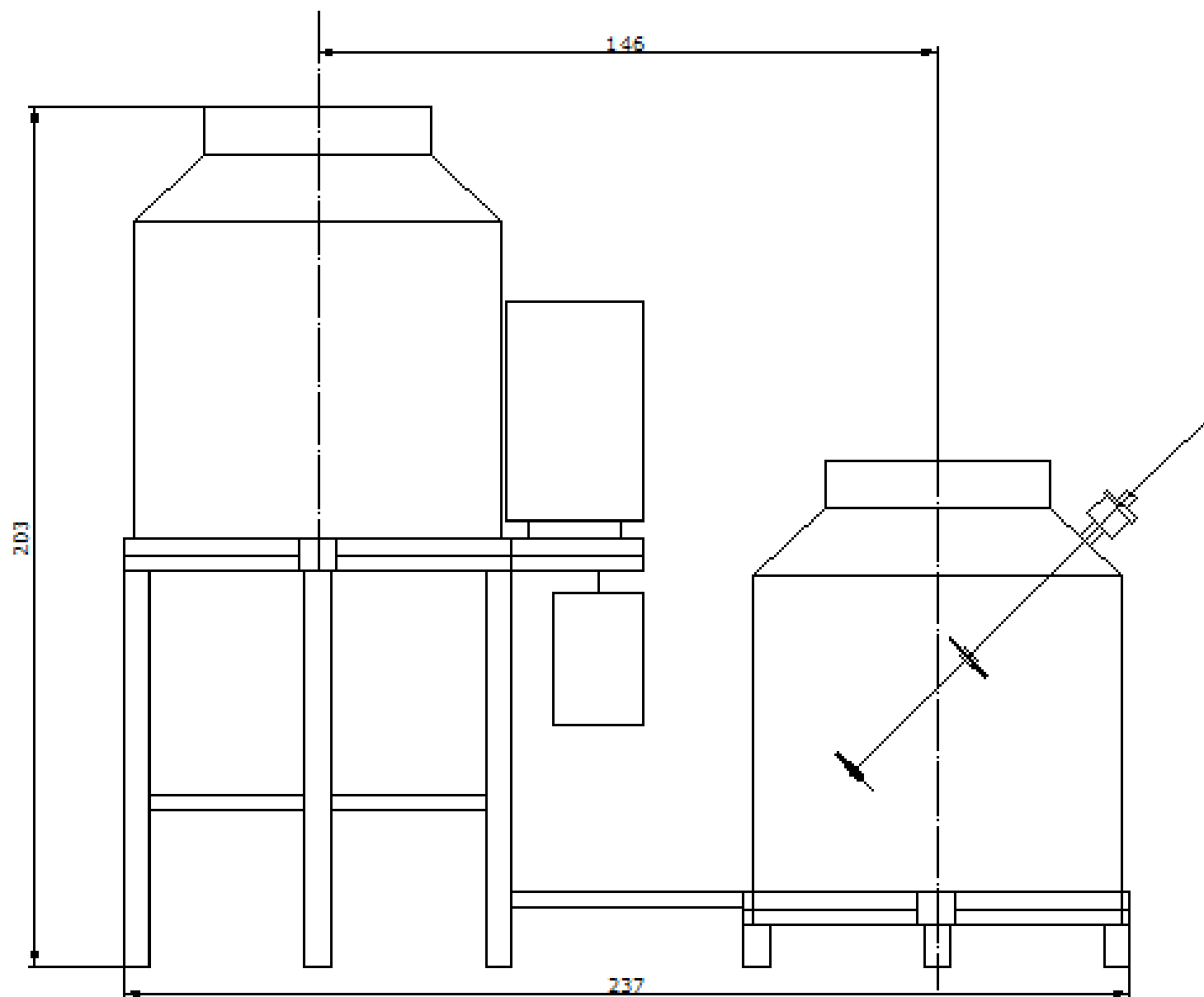
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO	FIGURA	ITCA-FEPADE	
11	51		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1	Acople del motor		COTAS mm



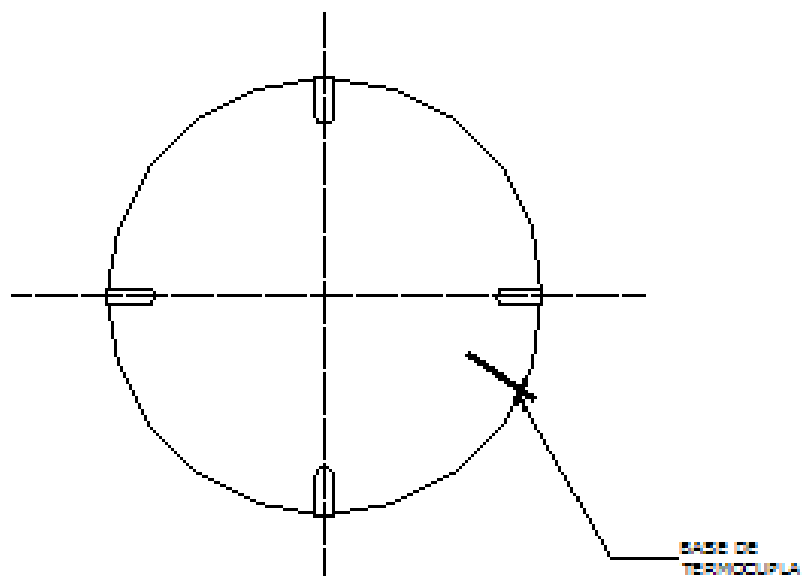
Detalle 1, escala 1:10



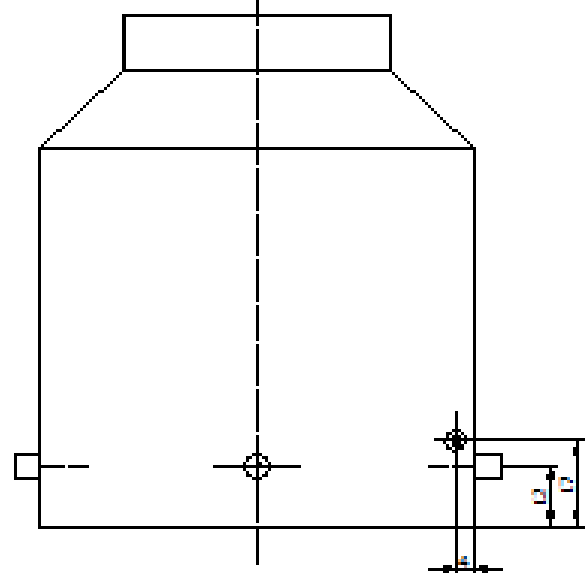
No.	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL
1	1	Apoyo	Aluminio
ANEXO No.		FIGURA No.	ITCA-FEPADE
11		52	
ESC: 1:1		EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO SOPORTE DE MOTOREDUCTOR	COTAS cm



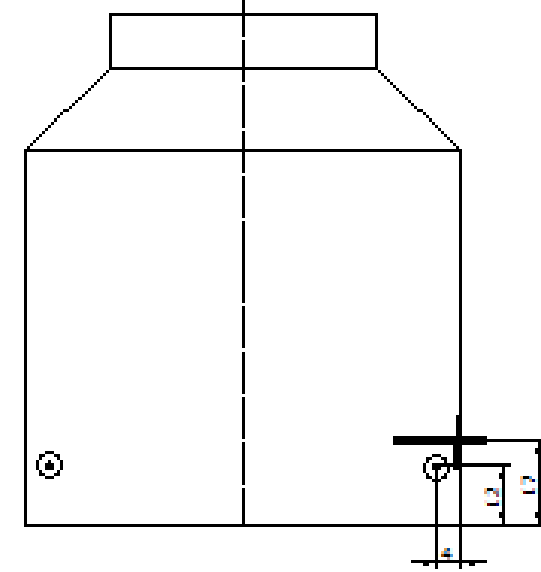
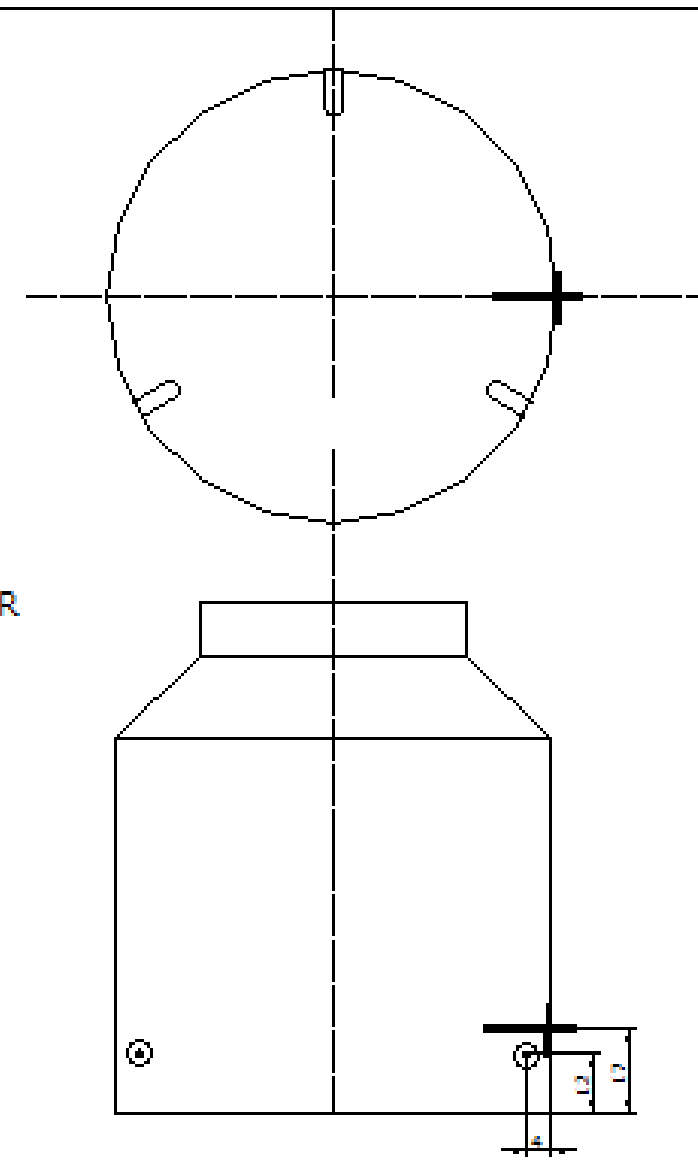
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE
11	53	
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO	
1: 10	MAQUINA PARA FABRICAR TINTE DE AÑIL	COTAS cm



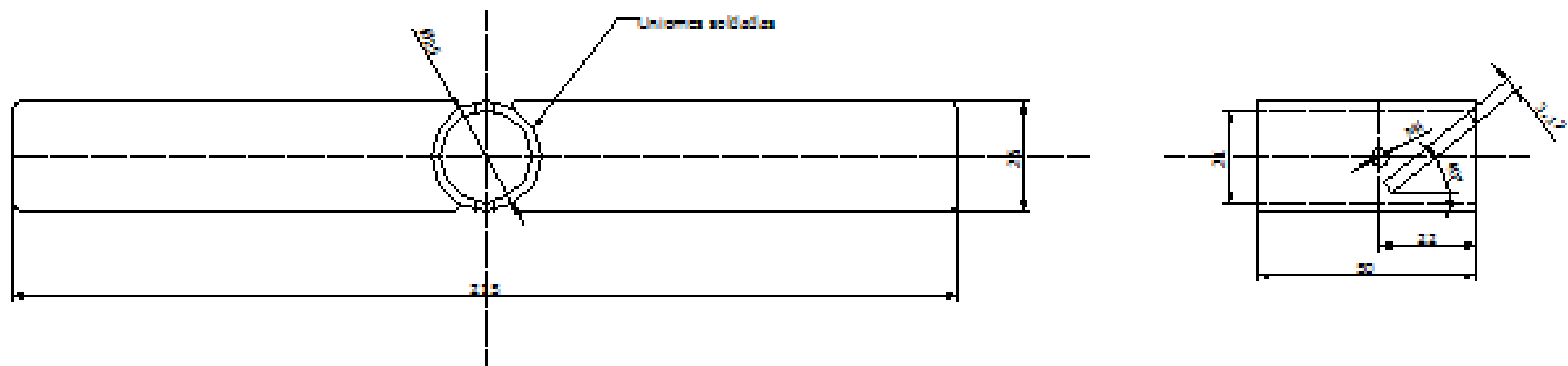
TANQUE INFERIOR



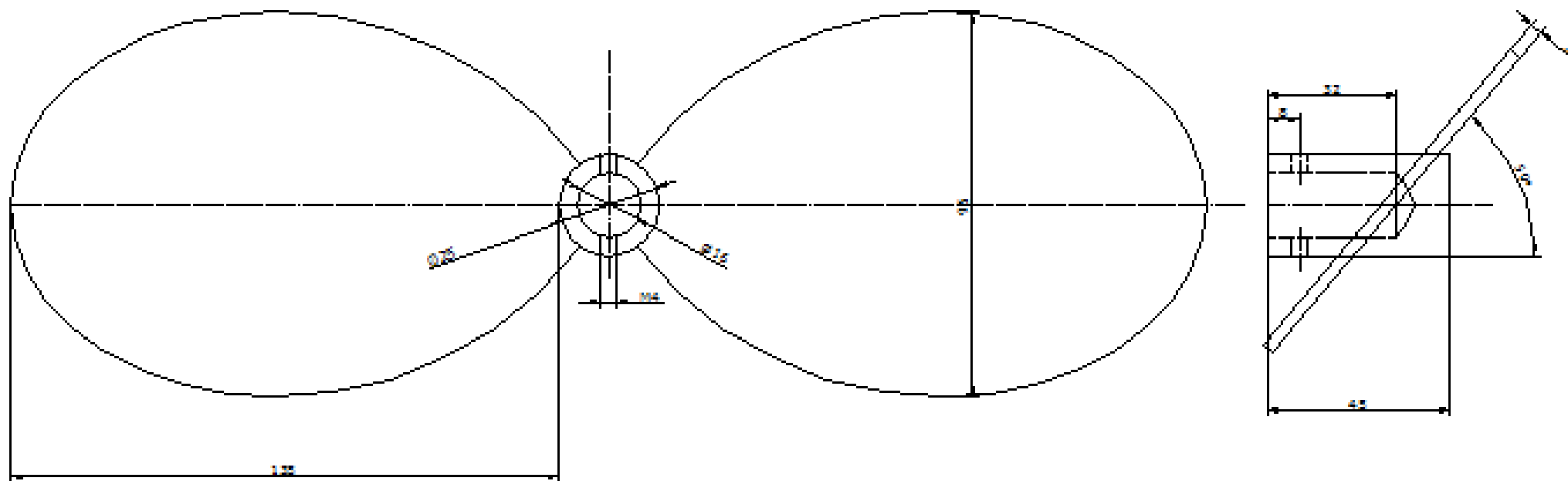
TANQUE SUPERIOR



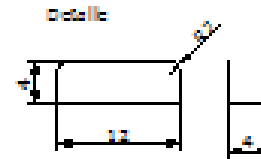
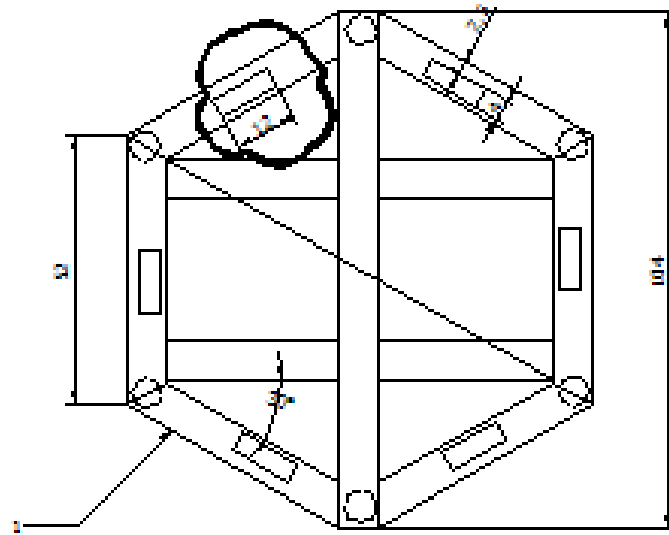
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO	FIGURA	ITCA-FEPADE	
11	54		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1	UBICACION DE RESISTENCIAS		COTAS cm



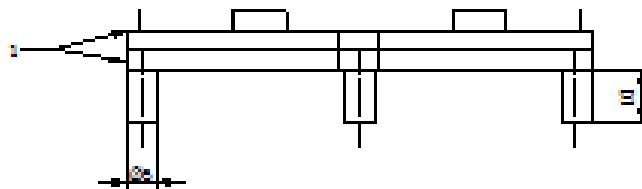
1	1	Alabe	Aluminio
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE	
11	55		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1	ALABE RECTA		COTAS mm



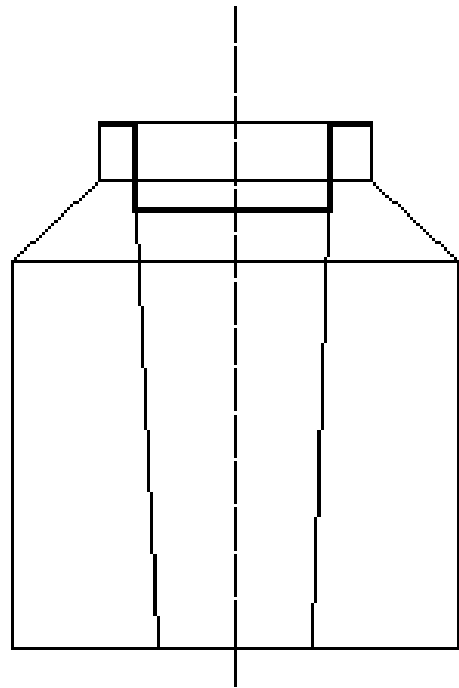
1	1	Álabe elíptica	Aluminio
No.	CANTIDAD	DE NOMINACION	MATERIAL
ANEXO	FIGURA	ITCA-FEPADE	
11	55		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1	ÁLABE ELÍPTICA		COTAS mm



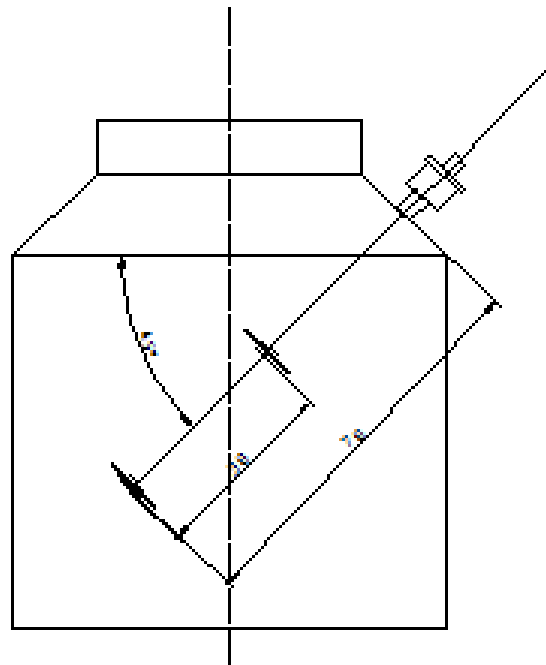
Esc: 2:1
Platina de 1/8"



No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
1	2	Base hexagonal	Plin C de Hierro, 5" x 1/2"
ANEXO No.		FIGURA No.	ITCA-FEPADE
11		57	
ESC: 1:1		EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO UBICACION DE RESISTENCIAS	COPIAS cm



1	1	CORTE DIAGONAL TANQUE 1	
No.	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL
ANEXO No.	FIGURA No.	ITCA-FEPADE	
11	58		
ESC:	EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1			COTAS cm.



1	1	CORTE DIAGONAL TANQUE 2		
No.	CANTIDAD	DENOMINACION		MATERIAL
ANEXO No.		FIGURA No.		ITCA-FEPADE
11		59		
ESC:		EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO		
1:1				COTAS cm

GLOSARIO TÉCNICO

AÑIL: Pigmento extraído de una planta leguminosa y que produce un tinte para teñido de color azul.

XIQUILITE O JIQUILITE: Nombre que se dio al añil en lengua Náhuatl.

ITCA: Instituto Tecnológico Centro Americano.

FEPADE: Fundación Empresarial Para el Desarrollo.

ICC: Iniciativa de la Cuenca del Caribe.

TLC: Tratado de Libre Comercio. (Aplicado a la relación El Salvador - Estados Unidos de Norte América)

JICA: Agencia de Cooperación Internacional del Japón.

IICA: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture.

JETRO: Japan External Trade Organization.

GTZ: Cooperación Técnica Alemana.

MORDIENTE: Capacidad que tienen un tinte de penetrar en la fibra de un textil. Evitar que una prenda se destiña.

UES: Universidad de El Salvador.

LECC: Laboratorios Especializados en Control de Calidad.

Agar TSA: Tripticasa Soya Agar. (Sustrato donde crecen las bacterias)

BRIX: Medida del azúcar diluida en un líquido.

AZULES: Asociación cooperativa de añileros de El Salvador

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE

VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial tanto como trabajadores y empresarios.

VALORES

- Excelencia**
- Espiritualidad**
- Comunicación**
- Integridad**
- Cooperación**

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

República de El Salvador en la América Central

FORMANDO PROFESIONALES PARA EL FUTURO



Nuestro método "APRENDER HACIENDO" es la diferencia

www.itca.edu.sv