



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA  
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA DE LA FUERZA ARMADA  
UNEFA  
NÚCLEO ARAGUA - EXTENSIÓN CAGUA  
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

**INFORME DE LA PASANTÍA INDUSTRIAL, REALIZADA  
EN MANUFACTURAS DE PAPEL, MANPA S.A.C.A, DIVISIÓN  
CONVERSIÓN SACOS Y BOLSAS.  
DEL ESTADO ARAGUA**

**AUTOR:** Carlos Eduardo Abreu Rodríguez  
**TUTOR ACADÉMICO:** Ing. Javier Machado  
**TUTOR EMPRESARIAL:** Ing. Javier Labrador

Cagua, febrero de 2012



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA  
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA DE LA FUERZA ARMADA  
UNEFA  
NÚCLEO ARAGUA - EXTENSIÓN CAGUA  
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

**CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR ACADÉMICO**

En mi carácter de Tutor Académico, hago constar que he leído el Informe de Pasantías realizadas en la Empresa, MANPA S.A.C.A División Conversión en el lapso 03/ 10/ 2011 al 20/ 01/ 2012 presentado por el (la) ciudadano (a) Carlos E Abreu Rodríguez portador de la cédula de identidad No. 18230991, cursante de la Carrera Ingeniería Mecánica y considero que cumple con los requisitos exigidos para su aprobación y presentación final, tal como lo establece el Reglamento Vigente de Pasantías Largas.

En la ciudad de Cagua, a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_

---

**Nombres y Apellidos**  
**C.I.**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA  
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA DE LA FUERZA ARMADA  
UNEFA  
NÚCLEO ARAGUA - EXTENSIÓN CAGUA  
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

**CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR EMPRESARIAL**

En mi carácter de Tutor Empresarial, hago constar que he leído el Informe de Pasantías realizadas en la Empresa, MANPA S.A.C.A División Conversión, en el lapso 03/ 10/ 2011 al 20/ 01/ 2012 presentado por el (la) ciudadano (a) Carlos E Abreu Rodríguez, portador de la cédula de identidad No. 18230991, cursante de la Carrera Ingeniería Mecánica y considero que cumple con los requisitos exigidos para su aprobación y presentación final, tal como lo establece el Reglamento Vigente de Pasantías Largas.

En la ciudad de Cagua, a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_

---

**Nombres y Apellidos**  
**C.I.**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA  
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA DE LA FUERZA ARMADA  
UNEFA  
NÚCLEO ARAGUA - EXTENSIÓN CAGUA  
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

Fecha:

**APROBACIÓN DEL COMITÉ EVALUADOR DEL INFORME**

Estimado (a) Coordinador(a) de la Carrera de Ingeniería mecánica, mediante la presente comunicación hacemos de su conocimiento que hemos evaluado el Informe Final de Pasantías Industriales presentado por el (los) Bachiller (es):

Carlos Eduardo Abreu Rodríguez de C.I: 18230991

Así mismo le hacemos saber que el Informe Presentado fue:

Aprobado \_\_\_\_\_ Reprobado: \_\_\_\_\_

**COMITÉ EVALUADOR**

- 1). \_\_\_\_\_ de C.I: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
2). \_\_\_\_\_ de C.I: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
3). \_\_\_\_\_ de C.I: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios Todopoderoso, por darme salud y fuerzas en cada momento, a mi familia por el apoyo incondicional, especialmente a mi padre, Carlos Abreu por la ayuda económica brindada durante todos estos años de carrera universitaria, a mi madre, Arelis Rodríguez por sus cuidados incomparables. Agradezco a mi prometida, Flor Díaz por motivarme a alcanzar las metas, sin miedo y con la esperanza de un futuro mejor, y a mi hijo Gael Abreu por regalarme esa bella sonrisa que inspira a trabajar cada día; a mis hermanos Russel Abreu y Dewight Abreu por la ayuda brindada al prestarme las computadoras que emplee para la realización del proyecto de pasantías.

Gracias a la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada, por la formación académica y porque en sus aulas conocí a buenos compañeros que también puedo llamar amigos y dentro de poco colegas, entre los que destacan Alexis García, Misleidy Córdoba e Irving Bolívar por su colaboración dentro y fuera de la universidad. Gracias a la empresa Manufacturas de Papel C.A por la oportunidad de realizar las pasantías, en especial a los ingenieros Javier Labrador, José Tovar, Ubaldo Rueda y Larry Gutiérrez por su ayuda durante el periodo de aprendizaje en la organización. También debo agradecer a todo el personal del departamento de mantenimiento, principalmente a los supervisores Cesar Carreño y José León por la atención prestada, de igual forma a los operarios de las tubuladoras 1, 2, 3 y 4, por su disponibilidad hacia las entrevistas no estructuradas que se les realizó.

Por último debo agradecer al ingeniero Javier Machado por sus tutorías académicas que fueron de gran importancia para culminar este informe de pasantías con éxito, y a cada profesor, personal administrativo, y obrero de nuestra querida casa de estudio UNEFA extensión Cagua gracias.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA  
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA DE LA FUERZA ARMADA  
UNEFA  
NÚCLEO ARAGUA - EXTENSIÓN CAGUA  
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA**

**Autor:** Carlos E Abreu Rodríguez  
**Fecha:** Febrero de 2012

### **RESUMEN**

**Optimización del diseño del Cantiléver (sistema monta ejes debobinador), para mejorar el proceso de trabajo hombre-máquina, en las tubuladoras 1, 2, 3 y 4.**

#### **Manufacturas de Papel (MANPA S.A.C.A)**

El proceso de pasantías industriales largas fue provechoso sobretudo en el área de diseño; el propósito de este informe es mejorar el cantiléver (vehículo elevador hidráulico monta eje debobinador) para adecuarlo a los operarios, brindando comodidad, rapidez y eficiencia en las operaciones. La situación problemática se abordó desde la base, observando, estudiando y recabando la información necesaria para dar con la solución; la idea más adecuada para la mejora corresponde a automatizar el proceso mediante un mecanismo de piñón cadena, así los operarios ya no tendrían que conducir el cantiléver de forma manual. Para la realización de los planos y el mecanismo de automatización fue de gran relevancia el manejo del programa *Solidworks 2011*, aunque no había trabajado con este software los resultados obtenidos son muy buenos, ya que ayuda a visualizar la situación como si se estuviera ejecutando el proyecto en la realidad, de esta forma se prevén los errores que podrían presentarse en la ejecución del proyecto. Los logros obtenidos son los conocimientos técnicos y un desarrollo de la creatividad para solucionar problemas ingenieriles prácticos.

## ÍNDICE GENERAL

	pp.
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR ACADÉMICO.....	ii
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR EMPRESARIAL.....	iii
CARTA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ EVALUADOR.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii-viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1-3
<b>CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL DE LA ORGANIZACIÓN</b>	
Identificación de la empresa.....	4
Ubicación geográfica.....	4
Reseña histórica.....	4-10
Misión.....	10
Visión.....	10
Estructura organizativa.....	11
<b>CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS</b>	
Plan de actividades propuesto.....	12
Plan de actividades cumplidas.....	13-27
Descripción de los aportes.....	27-28

Comparación entre el plan de actividades propuesto y el plan de actividades cumplidas.....	28-29
<b>CAPÍTULO III. ASPECTOS PROCEDIMENTALES</b>	
Breve descripción de la necesidad detectada.....	30-31
Objetivo general.....	31
Objetivos específicos.....	31-32
Justificación.....	32-34
Fundamentos teóricos.....	34-42
Soportes legales.....	42-43
Metodología.....	44-46
Presentación de resultados.....	47-58
Proyecto desarrollado	
Requerimientos.....	59-60
Diseño conceptual.....	61
Básico, disponibilidad de tecnologías	
Estudios técnicos.....	62-66
Estudios económicos.....	66-68
Descripción de planos.....	69-88
<b>CAPÍTULO IV. COMCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
Conclusiones.....	89-90
Recomendaciones.....	90-91
REFERENCIAS.....	92-93

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>pp.</b>
1. Cronograma de actividades.....	12
2. Lista de Cotejo.....	47
3. Entrevista no Estructurada.....	47
4. Potencia del Motorreductor.....	51
5. Velocidad Lineal del Cantiléver.....	52
6. Longitud de la cadena.....	53
7. Diseño del eje de transmisión.....	54-58
8. Ruedas Dentadas Métricas.....	63
9. Cadenas de Rodillos ANSI N° 120-1.....	65
10. Motorreductores.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	pp.
1. Sección de una cadena de rodillos con dos cordones.....	37
2. Conexión entre una cadena y una rueda dentada.....	37
3. Piñón de 11 dientes diseñado en <i>Solidworks</i> .....	64
4. Chumacera diseñada en <i>Solidworks</i> .....	64
5. Cadena de rodillos ANSI N° 120-1.....	65
6. Motorreductor 50:1 y 1/2 Hp.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>pp.</b>
A. Fotos del cantiléver vista posterior y diagonal.....	94
B. Fotos del cantiléver (Cont.) vista lateral y de la palanca....	95
C. Fotos del cantiléver (Cont.).....	96
D. Foto del área de operación del cantiléver.....	97
E. Fotografía de los ejes debobinadores.....	98
F. Máquina tubuladora 4.....	99
G. Máquina tubuladora 4 y productos terminado.....	100
H. Bobinas de papel.....	101
I. Imágenes del diseño hecho en solidworks.....	102
J. imágenes del diseño hecho en solidworks (Cont.).....	103
K. imágenes del diseño hecho en solidworks (Cont.).....	104
L. Disco de freno de impresora 1.....	105
M. Dinamómetro casero.....	106

## INTRODUCCIÓN

El proceso de pasantías llevadas a cabo en esta organización ha permitido el fortalecimiento de los conocimientos adquiridos en la universidad y su puesta en práctica, además de ello ha contribuido de manera notoria en el emprendimiento del camino laboral. Cada día en la empresa deja un aprendizaje que nutre como profesional y dado que la carrera de ingeniería mecánica abarca muchas áreas de conocimiento científico y tecnológico, siempre es bueno tener contacto con los procesos reales y con la aplicabilidad y desarrollo de proyectos ingenieriles.

El proyecto ejecutado durante las pasantías trata de la mejora ergonómica del cantiléver, este sistema es utilizado para insertar los ejes debobinadores a las bobinas de papel, durante el estudio se detectó que dicho sistema resulta pesado y difícil de maniobrar. La operatividad del cantiléver es eficaz pues cumple la tarea, pero no es eficiente pues requiere del esfuerzo físico de los operarios, esto resulta en un proceso lento, y de seguir así pudiera acarrear a futuro posibles enfermedades ocupacionales a dichos trabajadores. La idea es adecuar la herramienta al operario y no al contrario, para esto se idea automatizar el proceso empleando el mismo sistema.

El propósito de este informe es mejorar significativamente la labor que se lleva a cabo con el cantiléver, trayendo bienestar tanto a sus operarios como a la empresa, agilizando las operaciones para elevar el nivel de productividad y competitividad; en un mundo donde los procesos industriales evolucionan hacia la automatización y adecuación ergonómica de la máquina al hombre.

En el capítulo I de este informe se refleja la información referente a la empresa donde se realizó la pasantía, haciendo énfasis en su actividad productiva, reseña historia, misión, visión, y estructura organizacional. Es importante esta información para conocer a fondo la ocupación de la empresa y como ha ido evolucionando a través de los años.

En el capítulo II se describen todas aquellas actividades ejecutadas durante la realización de las pasantías, de acuerdo al cronograma previamente programado por la empresa. Allí se expresa por semana, todas las acciones emprendidas en pro de dar solución a la situación problemática del proyecto, además de otras actividades que no estaban vinculadas directamente con el mismo, pero que también son validas para la formación académica y profesional.

En el capítulo III se plantea el problema tipo práctico haciendo una descripción breve de la situación objeto de estudio, luego viene el enunciado del objetivo general el cual representa el propósito que apremia la investigación y sus objetivos específicos, donde se expresan las acciones ejecutadas en orden elocuente para dar alcance al objetivo general. Seguidamente en la justificación del informe se detalla la importancia del trabajo a realizar a partir de la necesidad detectada; en seguida continúan los fundamentos teóricos, muy importantes como apoyo para la realización del proyecto. El objeto de estudio de este informe está sustentado en una normativa jurídica, por ello van incluidos los soportes legales. Dentro de ese capítulo esta contenido lo referente a la metodología que se utilizó para abordar la situación problemática detectada, así como también los resultados

hallados y los cálculos necesarios para el inicio del proyecto. Luego de esto se expone lo inherente al proyecto desarrollado, donde se incluyen los requerimientos técnicos y operativos necesarios que dieron inicio a la etapa del diseño. A partir de allí se presenta el diseño conceptual empleando la teoría de moderación gráfica mediante bloques para explicar la funcionabilidad del sistema. Es necesario el estudio de la disponibilidad de tecnologías para la realización del diseño y su posible implementación con los estudios técnicos y económicos, haciendo énfasis en el recurso material y humano que se necesita para ejecutar el proyecto. Por último para finalizar este capítulo están los planos del cantiléver y luego los del diseño de mejora.

El capítulo IV es el último del informe, allí están redactadas las conclusiones donde se expresan los resultados obtenidos y también están incluidas las recomendaciones a la organización.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL DE LA ORGANIZACIÓN**

### **Identificación de la empresa**

La empresa manufactura de papel (MANPA S.A.C.A), se dedica a la elaboración de productos que tienen como materia prima el papel. Es la empresa líder en Venezuela en la producción y conversión de papel para uso industrial, comercial, doméstico, escolar y de oficina.

### **Ubicación geográfica**

División Empaques Bolsas y Sacos: Zona Industrial La Hamaca Final Calle Guayamure Maracay 2103 Edo. Aragua, Venezuela.

### **Reseña histórica**

La historia de la empresa data de 1912 cuando un grupo de hombres de negocio venezolanos fundó la compañía C.A. FABRICA DE PAPEL DE MARACAY (FPM), a orillas del Lago de Valencia en el Estado Aragua, Venezuela.

Sin embargo, MANUFACTURAS DE PAPEL C.A., conocida en todo el país como MANPA, exactamente fue fundada el 30 de Marzo de 1950 por

Gustavo Delfino Arriens, Juan Delfino Rodríguez, Carlos H. Maury y Ladislao Caballero. La producción estaba orientada a la fabricación de sacos multipliegos destinados a cubrir las necesidades de C.A FABRICA NACIONAL DE CEMENTOS y de bolsas para todo uso en el comercio y la industria en general. Ambas plantas comenzaron operando en el mismo galpón, ubicado en Los Cortijos de Lourdes, en la ciudad de Caracas.

Once años más tarde, en 1961, se comenzó una etapa de expansión e integración vertical, cuyo objetivo era producir el papel requerido por la empresa para la manufactura de sacos y bolsas, disminuyendo así la dependencia de la materia prima importada. Esto se logró con la adquisición y puesta en marcha de dos máquinas papeleras con una capacidad de 50 mil toneladas métricas anuales destinadas a la producción del papel Kraft brillante por una sola cara, el cual es utilizado en la fabricación de bolsas, y papel Kraft de resistencia con caras opacas, usado especialmente para la fabricación de sacos multipliegos y de embalaje.

En 1972, conjuntamente con C.A FABRICA DE PAPEL DE MARACAY se creó la COOPERATIVA GUAYAMURE con el objeto de desarrollar plantaciones industriales de pino caribe, para así obtener materia prima y reducir importaciones. Dos años después, se fundó la CORPORACIÓN FORESTAL IMATACA, C.A. para desarrollar un proyecto similar en terrenos ubicados al sur del Estado Monagas.

El proyecto de la COOPERATIVA GUAYAMURE, se ubicó en tierras aparentemente poco aptas para la siembra; sin embargo, mediante avanzados procesos químicos, este esfuerzo fue dando buenos resultados,

por lo que el Estado Venezolano decidió apoyar esta iniciativa constituyéndose en el año 1976 la CORPORACIÓN FORESTAL GUAYAMURE, C.A.

Estos desarrollos forestales llegaron a abarcar una extensión aproximada de 74.000 hectáreas plantadas.

En el mismo año 1976, se pone en marcha la tercera máquina papelera, con una capacidad de producción de 50 mil toneladas métricas, destinada a la producción de cartulinas y papeles finos de imprimir y escribir.

En 1989, se adquirió la empresa CAHIS HERMANOS & CO. SUCESORES, C.A., incorporando una nueva línea de productos de consumo masivo: cuadernos, libretas y útiles escolares de marca ALPES, estableciéndose adicionalmente una cadena de distribución nacional.

Posteriormente, en 1991, la compañía incursionó en el mercado de formas continuas con la línea de producción de AlpesForm y a finales de ese mismo año, con motivo de la apertura comercial de los países integrantes del Pacto Andino, se inicia una agresiva política de exportaciones, estableciéndose como objetivo inicial el mercado colombiano.

Como parte de la estrategia de las empresas del grupo pertenecientes al sector forestal y con el objetivo de aumentar la explotación comercial de los bosques, en 1992 se constituyó una nueva compañía: ASERRADERO VENWOOD, C.A., filial de CORPORACIÓN FORESTAL IMATACA, C.A., la cual inició operaciones en el primer trimestre de 1994.

Por autorización de la Comisión Nacional de Valores, otorgada por Resolución número 209-92 del 6 de Mayo de 1992, la empresa se convierte en Sociedad Anónima de Capital Autorizado, modificando su denominación a MANUFACTURAS DE PAPEL, C.A. (MANPA), S.A.C.A.

En diciembre de 1992, se adquirieron la totalidad de las acciones de C.A. FABRICA DE PAPEL DE MARACAY (FPM), aumentando así el potencial económico de desarrollo de la compañía dentro del sector del papel. La integración de las operaciones fue el resultado de la estrecha coordinación que se había venido realizando entre ambas empresas desde finales de 1991.

En 1993, se inició la ejecución, en C.A. Fábrica de Papel Maracay, del proyecto denominado Máquina Papelera N° 8, con el objetivo fundamental de convertirse en una compañía con capacidad de exportación sostenida, basada en la experiencia adquirida en mercados internacionales durante los diez años anteriores y en el aumento de la capacidad de producción. La puesta en marcha de la máquina se realizó en el mes de Diciembre de 1994, habiéndose ejecutado dicho proyecto en un tiempo récord de 17 meses.

El 9 de Septiembre de 1994, en la Asamblea General Extraordinaria de Accionistas se autoriza el cambio del valor nominal de las acciones de MANUFACTURAS DE PAPEL, C.A. (MANPA) S.A.C.A. de Bs. 100,00 a Bs. 10,00.

En 1994 se constituyó Turbogeneradores Maracay C.A. (TGM) con el propósito de lograr el autoabastecimiento de energía eléctrica a las plantas y de esta manera, asegurar confiabilidad en el servicio y reducción de costos.

Para Mayo de 1995, las acciones de MANPA comenzaron a cotizarse en la Bolsa de Valores de Caracas y en la Bolsa de Valores de Maracaibo.

En Agosto de ese mismo año, se firma con la compañía estadounidense Community Energy Alternatives (CEA), un convenio de asociación para constituir Turbogeneradores de Venezuela (TGV). El Objetivo fundamental de esta nueva actividad radica en el desarrollo de plantas independientes productoras de energía que abastecerán las zonas industriales de Venezuela principalmente el sector manufacturero, garantizando un servicio eléctrico confiable y a costos razonables.

El año 1996 es un año de acontecimientos:

- La empresa ingresa al mercado financiero internacional a través del establecimiento de un programa de ADR's de Nivel 1.
- Se adquirió la totalidad de los activos de la compañía TRINIDAD PAPER PRODUCTS LTD, la cual se denomina VENCARIBBEAN PAPER PRODUCTS LTD. Esta empresa está localizada en Trinidad y Tobago y está dedicada a la conversión de papel higiénico con una capacidad instalada de 4.000 TM al año.

A partir del 26 de diciembre de 1997, Manufacturas de Papel C.A. (MANPA) S.A.C.A. se fusionó con sus filiales totalmente poseídas (C.A.

Fábrica de Papel de Maracay, Corporación Industrial Alpes S.A., Papeles Maracay C.A., Pulpa Maracay C.A., Urbanizadora Guayamure C.A. e Inversiones TCC 13 C.A. Mediante esta fusión, se obtuvo una reducción de costos y gastos administrativos importante, provenientes de la existencia de las diferentes entidades jurídicas.

En el tercer trimestre de 1998, se realizaron las siguientes operaciones:

- Desagregación de los activos relacionados con el negocio de generación de energía del negocio de producción y conversión de papel.
- Adquisición del 100% de los activos de producción y comercialización de la empresa Trinidad & Tobago Paper Converters en Trinidad y Tobago.
- Adquisición del 50% de los activos del Sector Higiénicos de la empresa Papelera Aragua en el Estado Aragua.
- Constitución de la compañía Manpa de Centroamérica, en San José de Costa Rica, en la cual tanto Manufacturas de Papel, C.A. (MANPA) S.A.C.A como Toycos de Costa Rica poseen el 50% cada una. Esta empresa se creó con el fin de comercializar cuadernos, resmillas y carpetas en el mercado Centroamericano.
- Ampliación de las líneas de productos en la División Productos Escolares y de Oficina con la fabricación de Estuches Flexibles.

En el primer trimestre de 2001 Manpa vendió toda su División Forestal, la cual incluía las plantaciones de pinos Caribe en el Estado Monagas y su aserradero.

A la fecha, la compañía y sus empresas filiales, a nivel nacional, dan empleo a más de 1.600 trabajadores.

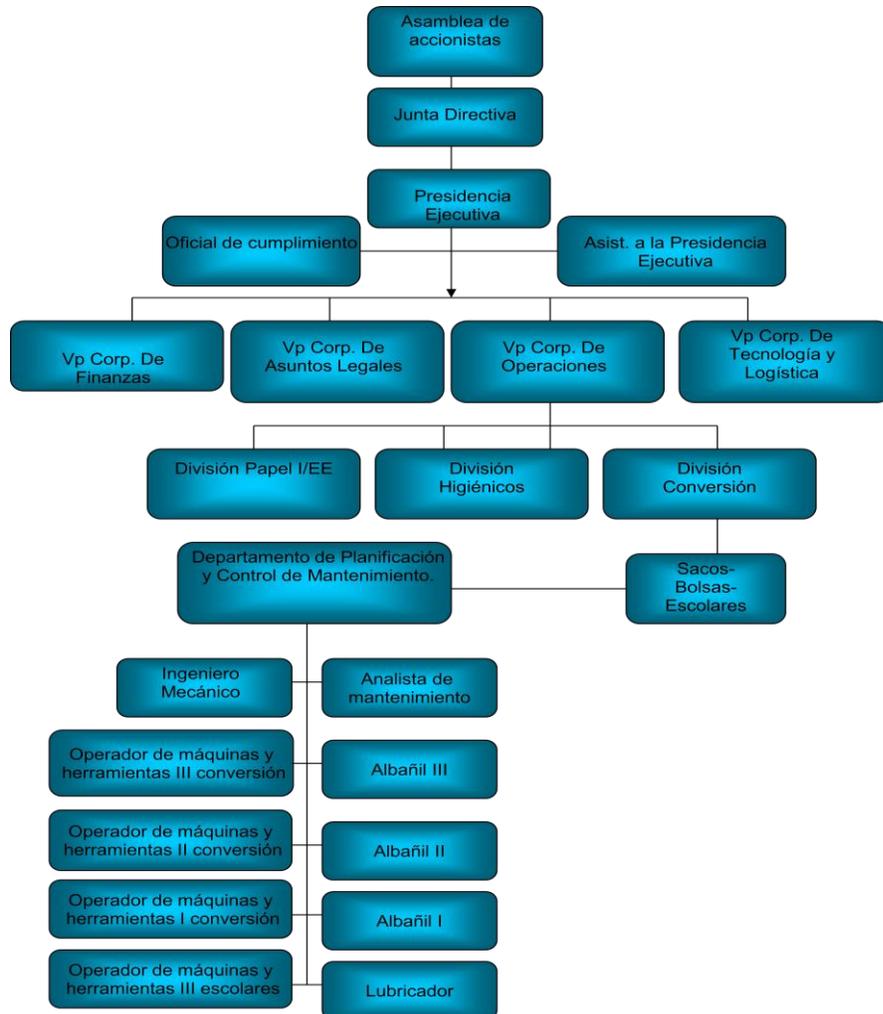
### **Misión**

Ser líderes en la fabricación y comercialización de los productos de papel, cartulinas, cartón y afines, con alto valor agregado en el mercado nacional y destacada participación en Latinoamérica mediante una eficaz utilización de los recursos, maximizando la rentabilidad del negocio y garantizando el más alto beneficio a los accionistas y trabajadores, conservando la ética y principios corporativos.

### **Visión**

Ser líderes en cada segmento que sirvamos con productos de papel, convertidos o no, en los mercados nacionales e internacionales con los niveles de calidad y servicio que satisfagan a nuestros clientes

## Estructura Organizativa



Fuente: MANPA C.A

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

#### Plan de actividades propuesto

**TABLA 1** *Cronograma de actividades*

SEMANA	DEBERES Y RESPONSABILIDADES A DESARROLLAR
I	Inducción y descripción de la empresa: Manufactura de papel (MANPA S.A.C.A División Conversión Sacos/Bolsas.)
II, III	Diagnosticar la situación problemática: Mejora ergonómica del sistema monta ejes debobinador (Carro transportador - elevador hidráulico) de las Tubuladoras 1, 2, 3 y 4. -
IV, V, VI	Establecer los parámetros de diseño: Evaluación actual, entrevista con los operarios, recopilación de datos y medidas.
VII, VIII, IX	Desarrollar propuestas de mejora del sistema monta eje debobinador.
X, XI, XII, XIII	Diseñar el sistema monta eje debobinador.
XIV, XV, XVI	Elaborar y entregar el informe final de pasantías a la universidad y a la empresa MANPA C.A División Conversión Sacos/Bolsas.

## **Plan de actividades cumplidas**

**Semana I:** Inducción y taller de seguridad industrial.

Se dio la inducción al personal de nuevo ingreso a la compañía para familiarizarlos con la misma. En esta actividad se habló de la empresa, a que se dedica, su evolución a través de los años y de cómo está integrada por varias divisiones.

Se impartió un taller de higiene y seguridad industrial para dictar las pautas a seguir cuando se está en planta; este tipo de actividad es de gran importancia ya que todo el personal debe tener clara las normativas para el resguardo de su seguridad personal, así como la de los otros trabajadores. Fueron entregados los equipos de protección personal adecuados para permanecer en planta, como son: botas de seguridad, protectores auditivos y el uniforme.

El inspector de seguridad dio la bienvenida a planta y se hizo el recorrido por las instalaciones.

Al departamento que fui asignado es el de planificación y control de mantenimiento, el cual como su nombre lo indica se encarga de gestionar todas las acciones inherentes al mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

**Semana II:** Recorrido por planta y asignación de la situación problemática.

El tutor de pasantías dio a conocer la situación problemática, la cual trata de la mejora ergonómica del sistema monta eje debobinador, (Cantiléver).

Se hizo el recorrido por planta especialmente el área de producción donde están ubicadas las máquinas tubuladoras 1, 2, 3 y 4 ya que allí es donde se utiliza el cantiléver, el cual es el objeto de estudio para su mejora.

El cantiléver es un carro elevador hidráulico manual, que fue modificado para sostener y transportar los ejes debobinadores de las máquinas tubuladoras 1, 2, 3 y 4 del área de producción de MANPA S.A.C.A División Conversión, Planta Sacos. Al sostener y asegurar el eje a la plataforma acanalada, este es trasladado por el operador e insertado a la bobina. Luego se desacopla del cantiléver y se ajusta el eje a la bobina con una llave de torque manual para que posteriormente la bobina sea levantada por la grúa y colocada en la tubuladora.

Este proceso de insertar el eje debobinador a la bobina solía hacerse de manera manual lo que representaba un gran esfuerzo físico por parte de los operarios; gracias a la modificación del elevador hidráulico ha mejorado el proceso, sin embargo aún acarrea ciertos problemas que deben solventarse y es por ello que es requerida su optimización.

### **Semana III:**

Se realizó una entrevista con los operadores de las tubuladoras 1, 2 y 4 para conocer su opinión sobre el sistema. Los resultados obtenidos del recorrido y la plática con los operarios fueron efectivamente de gran importancia para comenzar a abordar la situación problemática.

De la conversación con el operario de la tubuladora 4 se dedujo lo siguiente:

- Las ruedas del cantiléver dificultan el desplazamiento del mismo por parte del operador.
- El sistema es pesado y requiere de un gran esfuerzo físico del operario.
- Los ejes debobinadores de la tubuladora 3 y 4 son más pesados que las de la 1 y 2, es por ello que al operador le es complicado controlar el peso del cantiléver sumado al del eje.

En la conversación con el operario de la tubuladora 1 y 2, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Cantiléver de relativo fácil manejo
- Poco espacio para realizar la tarea

#### **Semana IV:** Revisión del estado de operatividad del Cantiléver

Este sistema está constituido por los siguientes elementos:

- Una plataforma acanalada cuya función es servir de soporte al eje debobinador y asegurarlo con una abrazadera de manera que este no se mueva.
- Dos ruedas fijas delanteras con desplazamiento hacia delante y hacia atrás y dos ruedas móviles traseras, esto permite el desplazamiento en todas las direcciones.
- Una palanca que se emplea para subir la plataforma acanalada a la altura que sea necesaria.
- Una polea donde pasa la cadena que sujeta la plataforma acanalada.
- Una palanca que se usa para bajar la plataforma acanalada.
- Un gato hidráulico.

Empleando una cámara se tomaron una serie de fotografías del, cantiléver, las bobinas de papel y el área donde se emplea el sistema, para facilitar la realización de los planos posteriormente.

El cantiléver mecánicamente está en buenas condiciones, la mejora que se quiere hacer responde a ergonomía, mejorar el contacto hombre-máquina.

Continuando con la metodología de trabajo, se realizó una entrevista no estructurada con el operario del cantiléver de la tubuladora número 3, en dicha tubuladora se trabaja con ejes de mayor peso y diámetro respecto a las tubuladoras 1 y 2, motivo que complica un poco más la labor de trasladar dichos ejes para insertarlos en la bobina..

### **Semana V:**

Utilizando un flexómetro se procedió a medir la longitud del eje debobinador, ya que es pertinente tenerla en cuenta para la determinación de parámetros de diseño. El eje mide 260 cm de largo. Igualmente se efectuó la medición de la longitud de la plataforma donde se asienta el eje, la cual es de 47 cm de largo y 52 cm de ancho. Se requiere que el operador no tenga que maniobrar el cantiléver, este proceso deberá hacerse de manera automatizada.

Dentro de las actividades que no estaban contempladas se participó en el mantenimiento correctivo de la máquina tubuladora N°37, esta máquina tuvo una parada, y se le cambió el rodillo que lleva la tinta ya que presentaba algunas fisuras que inciden directamente en la calidad de la impresión. De igual manera tenía problemas de fuga de aire comprimido y los dos actuadores neumáticos no estaban en sincronía por ende la carrera de cada vástago no se daba al mismo tiempo. Estos actuadores se encargan de mover el rodillo uno (1) que tiene la tinta, hacia el rodillo dos (2) para que se impregne de la tinta y este a su vez al rodillo tres (3), llamado porta clichés

cuya función es gravar en el papel. Al fallar el sistema neumático el proceso de impresión de papel no es óptimo.

### **Semana VI:**

Entre los parámetros para la mejora ergonómica del sistema, es necesario tener en cuenta ciertas variables que influyen en el proceso; tomando en consideración esto se pesó el cantiléver y el eje debobinador, sus pesos fueron 182.5kg y 41kg respectivamente, teniendo como peso total 223.5kg.

Habiendo tomado las medidas de longitud correspondientes anteriormente, se prosiguió a la elaboración de sus planos. Para ello primero, se hizo un bosquejo a mano acotado con sus respectivas medidas, para luego diseñarlo en el programa de software Autocad. El primer plano a elaborar fue el de la vista superior del cantiléver, donde se puede apreciar la plataforma donde se asienta y se asegura el eje debobinador.

### **Semana VII:**

Continuando con la determinación de los parámetros del diseño, se realizaron las medidas pertinentes del área donde se aplicará la mejora. El recorrido del cantiléver a la bobina es de 2.84 m de longitud, este desplazamiento es hacia delante para insertar el eje a la bobina.

Habiendo evaluado diferentes alternativas para la mejora del sistema, y teniendo en consideración la limitante de espacio, se pensó en la siguiente

mejora como la más adecuada y posible de llevar a cabo. La propuesta es que el cantiléver esté enganchado a una cadena de rodillos que deberá ir por una canaleta subterránea o fosa. Esta cadena tiene que ser impulsada por un motorreductor, así los operarios no tendrían que utilizar su esfuerzo físico, haciendo más rápido, seguro, y eficiente la labor, dando como resultado un proceso automatizado y ergonómico.

Otra de las actividades de esta semana fue la realización de un bosquejo a mano de la vista superior del área de trabajo, es decir del plano con sus medidas correspondientes, para luego diseñarlo en el programa Autocad a escala.

### ***Semana VIII:***

A mano se hizo el esbozo de la vista lateral del cantiléver con sus medidas acotadas para luego diseñar el plano en el programa Autocad a escala. Igualmente se empezó a realizar el plano de la vista frontal.

Para la mejora del sistema hace falta un motorreductor, para seleccionar el adecuado, que debe cumplir la tarea de mover el cantiléver con el eje debobinador es necesario tener en consideración una serie de variables como; peso, fuerza de roce, fuerza normal etc. Para conocer el valor de la fuerza de roce, la cual es la que necesita vencer el motor para mover el cantiléver hay que emplear un dinamómetro, instrumento que sirve para medir fuerzas.

Debido a que no se cuenta con este instrumento dentro de la empresa, pero dado que consta de elementos simples se puede construir uno, con materiales como;

- Un resorte
- Una barra de acero
- Un tubo PVC

Existen dinamómetros digitales muy precisos pero haciendo uno con los materiales antes mencionados y considerando un factor de seguridad alto se puede lograr el resultado.

Se hizo un dinamómetro de la siguiente manera:

*Elaboración:*

Se le hicieron dos perforaciones al tubo PVC en su parte superior para atravesar todo su diámetro con la barra, luego se engancho el resorte a la barra ubicándolo dentro del tubo PVC. Es necesario observar el desplazamiento que tendrá el resorte, como resultado de su elongación al ser sometido a una carga, para esto se le hizo una ranura al tubo PVC y se le colocó una marca al resorte. En el Anexo M podrán observar la imagen del dinamómetro.

*Método de empleo:*

Existen dos formas de obtener el valor de la fuerza que se necesita para mover el cantiléver;

- 1) Se engancha el dinamómetro a un objeto con un peso ya conocido, observamos la distancia de elongación y se marca como punto de referencia para hacer una escala de medición. Luego de haber hecho la escala se procede a enganchar el dinamómetro en el cantiléver estando el mismo cargado con el eje debobinador y le aplicamos la fuerza para moverlo, en el momento que el resorte se elonga se marca la distancia en la escala, obteniendo el valor de la fuerza.
  
- 2) Enganchar el dinamómetro en el cantiléver estando el mismo cargado con el eje debobinador y le aplicamos la fuerza para moverlo, en el momento que el resorte se elonga se marca la distancia que se desplazó. Luego utilizando una balanza colgante mecánica se procede a enganchar el dinamómetro, aplicamos la fuerza para estirar el resorte hasta la distancia de la marca que se tomó, en ese momento se observa el peso que señala la aguja y esa será la fuerza necesaria para mover el cantiléver.

### **Semana IX:**

Continuando con la actividad de la semana anterior, se realizó el experimento para obtener el valor de la fuerza que se necesita para mover el cantiléver, empleando el dinamómetro. El procedimiento que se utilizó fue el número dos (2) explicado anteriormente y el valor de la fuerza fue de 7Kg-f,

se debe tomar un factor de seguridad alto, multiplicando el valor de la fuerza obtenido por tres (3), dando como resultado 21kg-f.

Para seleccionar del motor es necesario saber a qué velocidad se quiere que haga el recorrido el cantiléver, para ello se tomará como referencia la velocidad del sistema neumático de extracción del eje debobinador de la máquina impresora uno (1).

Debido a que se desconoce el valor de la velocidad de la carrera del vástago del actuador neumático de impresora uno, esta sé cálculo de la siguiente manera:

1ero Se midió la longitud del actuador neumático, dando 2.30 metros que será la distancia de recorrido.

2do Se tomó el tiempo que tarda en extenderse el vástago, dio 24 ser.

- Aplicando la formula:

$$v = \frac{d}{t} \quad \left\{ \begin{array}{l} v = \text{Velocidad (m/s)} \\ d = \text{Distancia (m)} \\ t = \text{Tiempo (s)} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Dando la velocidad} \\ v = 0.0958 \text{ m/s} \cong 0,1 \text{ m/s} \end{array}$$

Calculo de la Potencia

Dando la potencia

Ecuación:

$$P = F \times v$$

P= Potencia (Hp)

F= Fuerza (N)

v= Velocidad (m/s)

$$P = 0.23 \text{ Hp}$$

Entonces la potencia mecánica requerida para mover el cantiléver es de 0,23Hp. Debido a esto el motor a emplear será de 0.5Hp. Los cálculos al detalle se pueden observar en la presentación de resultados.

### ***Semana X:***

Es necesario para la aplicación de este diseño emplear una cadena de rodillos robusta, con un piñón de pocos dientes y un diámetro primitivo considerable para que se aproveche mejor el torque que transmitirá el motorreductor. Del catalogo de productos S.K.F de transmisión de potencia se procedió a seleccionar:

### **Ruedas dentadas métricas**

ISO 24B-1 Con Paso de 38,10 mm

Con 11 dientes y Diámetro primitivo (dp)= 135,23mm

### **Cadena de Rodillos**

ANSI N° 120-1 Paso de 38,100mm.

### ***Semana XI:***

Para la elección del motorreductor se empleó el catalogo de GEARMOTORS AND SPEED REDUCERS de la USMOTORS. A las tablas

se entra con la potencia conocida, que en este caso es 0.5 Hp y con las RPM de salida a las que se desea que trabaje el reductor.

Conocer la velocidad lineal con la que se desplazará la cadena es de gran importancia, debido a que el cantiléver irá sujeto a esta. Anteriormente se dijo que la velocidad de desplazamiento deseada para el cantiléver debe estar en un rango de 0.1 m/s a 0.3 m/s, entonces se deduce que la velocidad lineal de la cadena será igual a la del cantiléver. Con la siguiente fórmula tomada del libro de "Diseño de Ingeniería Mecánica", del autor Joseph E. Shigley, Capítulo 17, página 817, se efectuará el cálculo:

$$v = \frac{Npn}{60 \times 10^3}$$

Donde:  $\left\{ \begin{array}{l} v = \text{velocidad de la cadena (m/s)} \\ N = \text{número de dientes de la rueda} \\ P = \text{paso de la cadena (mm)} \\ n = \text{velocidad de rotación de la Catarina, rpm (Rev. /Min)} \end{array} \right.$

Los cálculos están en la presentación de resultados.

### **Semana XII:**

Una vez seleccionados los elementos de máquina requeridos, se empezó con la representación de los mismos en los programas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), como lo son *Autocad* y *Solidworks*, siendo este último muy útil para la elaboración del modelado en tres dimensiones.

Empleando el programa *Autocad Mechanical 2009*, se hizo el diseño de los piñones ISO 24B-1, de 38,10 mm de Paso y 11 dientes. Una vez hechos los planos se procedió a su extrusión en el programa *Solidworks* para obtener la pieza modelada en tres dimensiones. En los anexos se mostraran los planos correspondientes.

### ***Semana XIII:***

Con la herramienta de *Autocad* se diseñó el plano de la cadena de rodillos ANSI N° 120-1; ISO N° 24A-1, cuyo paso es de 38.10 mm. Luego en *Solidworks* se diseño la cadena en tres dimensiones lo cual ayuda a tener una vista clara de la pieza.

### ***Semana XIV:***

Dentro de las actividades que no estaban contempladas dentro del proyecto, se hizo el diseño en tres dimensiones empleando el programa *Solidworks*, de la placa del freno de la Máquina Impresora N°1. Cabe destacar que ya se tenía una pieza como referencia, entonces se tomaron las medidas empleando un vernier y solo se cambió el diámetro y el espesor por la medida deseada para la elaboración de los planos y para luego fabricarla en el taller de máquinas y herramientas. En los anexos podrán ver la imagen del solido hecho en *Solidworks*.

Utilizando el programa Autocad se hizo el plano de vista frontal de la cadena acoplada con los dos piñones, a la distancia requerida para el recorrido del cantiléver. Luego se exporto al programa Solidworks para la realización en tres dimensiones del modelo.

### **Semana XV:**

Empleando el programa de diseño asistido por computadora Solidworks, se diseño en tres dimensiones cada una de las piezas que componen el cantiléver y luego se creó su ensamblaje con el propósito de obtener los planos y vistas principales del dibujo.

### **Semana XVI:**

Se diseño la mejora al cantiléver en tres dimensiones con la ayuda del programa *Solidworks*, una vez establecidos los componentes se procedió a hacer sus planos y sólidos. Las piezas son las siguientes:

- Motorreductor
- Dos Piñones
- Dos chumaceras
- Una cadena
- Un perro de arrastre

Estos componentes juntos dan vida a un mecanismo que sirve para transmitir potencia y mover el cantiléver hacia la dirección correspondiente, de tal manera que inserte el eje en la bobina de papel. De igual forma que con el cantiléver se ensambló cada pieza colocándolas en su respectiva posición, también se diseñó la fosa donde estará el mecanismo, con una longitud de 3.65m de largo y 70cm de ancho, donde va ubicado el piñón conducido con las chumaceras y el motorreductor. La anchura por donde pasa la cadena será de 20cm y el total de profundidad es de 30 centímetros.

Las chumaceras necesitaban de un soporte y fue diseñado con el objetivo de sostenerlas y servir como elemento tensor para la cadena dada su movilidad. Este sistema consistirá en dos placas, la primera fija al suelo y la otra unida a esta por elementos de sujeción como tornillos o pernos, para que al aflojarlos pueda deslizarse con el propósito de tensar la cadena cuando sea necesario.

El eje donde estará acoplado el piñón conducido, se diseñó con una longitud de 20mm y su diámetro de 31.623mm obtenido de los cálculos de diseño de ejes; sus extremos estarán acoplados cada una a una chumacera.

### **Descripción de los aportes**

En la semana XIV dentro de las actividades que no estaban contempladas dentro del proyecto, se hizo el diseño en tres dimensiones empleando el programa *Solidworks*, del disco de freno de la Máquina Impresora N°1; cabe destacar que ya se tenía una pieza como referencia, entonces se tomaron

las medidas empleando un vernier y solo se cambió el diámetro y el espesor por la medida deseada para la elaboración de los planos y para luego fabricarla en el taller de máquinas y herramientas. En los anexos podrán ver la imagen del sólido hecho en *Solidworks* y el plano esta incluido dentro de la descripción de planos de este informe.

El resultado de esta actividad fue tener un plano adecuado de dicha pieza con todas sus vistas, lo que ayudó a su fabricación.

Fueron pocas las actividades que se hicieron fuera de las preestablecidas en el plan de actividades, esto se debió a que el proyecto requirió tiempo y dedicación en su ejecución.

### **Comparación entre el plan de actividades propuesto y el cumplido**

Las actividades que se establecieron desde un principio fueron ejecutas y cumplidas aunque tuvieron una pequeña variación en el tiempo de ejecución, específicamente en la etapa del diseño, pues aprender a manejar el programa *Solidworks* e ir realizando el mecanismo a la par requirió de una gran dedicación. La realización del informe de pasantías que estaba pautado para las últimas semanas se realizó en un lapso mayor a lo previsto debido a las correcciones y recomendaciones hechas por el tutor académico.

No hubo diferencias relevantes entre las actividades propuestas y las cumplidas, el proyecto desde el principio fue el mismo hasta el final, hubo actividades diferentes a las del proyecto como fue la elaboración del diseño

del disco de freno de la impresora uno, cuyo plano está incluido en el informe y en los anexos esta una imagen tomada del diseño hecho en *Solidworks*.

## **CAPÍTULO III**

### **ASPECTOS PROCEDIMENTALES**

Se requiere mejorar ergonómicamente el diseño del sistema monta eje debobinador, llamado cantiléver, de las máquinas tubuladoras 1, 2, 3 y 4 en el área de producción de MANPA S.A.C.A, División Conversión Planta Sacos.

#### **Breve descripción de la necesidad detectada**

El cantiléver es un carro elevador hidráulico manual cuya función es alzar y trasportar las barras o ejes debobinadores e insertarlos en las bobinas de papel, para que luego sean levantadas por la grúa y colocadas en la tubuladoras (máquina impresora de papel), para dar comienzo al proceso de impresión y conformado de sacos. La necesidad que presenta este proceso está relacionada con la falta de ergonomía del sistema, el cual dificulta la labor de los operarios.

Este proceso ocurre en el área de producción de Manufacturas de Papel Sociedad Anónima de Capital Autorizado, (MANPA S.A.C.A) división Conversión Planta Sacos, tubuladoras 1, 2, 3 y 4. La causa del problema es que el sistema actual es muy pesado, de difícil traslado y limitación de espacio para el recorrido del mismo. Las consecuencias de no contar con un sistema cómodo y fácil de manejar son; pérdidas de tiempo en las operaciones, quejas de los operarios porque implica un gran esfuerzo físico, el cual pudiera acarrear posibles enfermedades ocupacionales y lesiones a corto, largo o mediano plazo. Es importante mejorar esta situación, tanto por

la salud de los operarios del sistema como por la optimización del proceso, lo cual ayudará a realizar de forma más rápida y eficiente la tarea, lo que traerá como consecuencia un bienestar a los operarios y el proceso productivo de la empresa.

Para dar solución a esta situación es necesario dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles dificultades presentan los operarios en el desempeño de las actividades con el cantiléver?
- ¿De qué dependen los parámetros de diseño para la mejora del cantiléver?
- ¿Cómo se pueden aplicar las mejoras al sistema?

### **Objetivo General**

Optimizar el diseño del Cantiléver (sistema monta ejes debobinador), mejorando el proceso de trabajo hombre-máquina, en las tubuladoras 1, 2, 3 y 4 en el área de producción de MANPA S.A.C.A, División Conversión, Planta Sacos.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar cuales dificultades presentan los operarios con el manejo del cantiléver.
- Determinar los parámetros para la ejecución del diseño.

- Diseñar las mejoras correspondientes al sistema.

## **Justificación**

En la actualidad los procesos industriales en el mundo cambian a un ritmo acelerado, cada vez en más frecuente el desarrollo de tecnología que permita realizar el trabajo de forma rápida y eficaz al ser humano. La competencia entre compañías en un mercado globalizado, es una lucha constante por ofrecer al consumidor productos de excelente calidad y a buen precio; debido a esto la industria busca reducir los tiempos de elaboración de sus productos y la vez que durante el proceso sus trabajadores se sientan cómodos con el empleo de las máquinas y herramientas con las que llevan a cabo su labor.

Existe un debate global sobre la sustitución de la mano de obra humana por las máquinas, pero debe existir una simbiosis entre ambas partes para el beneficio de todos. Esta compañía siendo una de las más grandes del país no escapa a esta situación de cambios, y es por ello que se llevan a cabo mejoras constantes a equipos, herramientas, y procesos que ayuden a ir en busca de la “calidad total”, término que viene de la filosofía japonesa del “mantenimiento productivo total” donde se enfoca al mantenimiento no solo como competencia de un departamento, sino como un todo, donde cada miembro de la organización e incluso socios, proveedores y compañías que presten servicios a dicha organización se vean involucrados en esa búsqueda de la excelencia.

Basándose en estos paradigmas se idea la mejora del sistema monta eje debobinador (cantiléver), el cual fue ideado como una herramienta útil para ayudar al trabajador a introducir los ejes en las bobinas de papel. Este sistema es necesario porque los ejes pesan como mínimo 41 Kg y alzar este peso durante la jornada de trabajo sin ayuda de una herramienta, es perjudicial para el cuerpo humano. El proceso que actualmente se aplica es manual, como ya se explicó, el operario conduce al cantiléver usando su fuerza física y ahora con la implementación de este sistema se ejecutará la tarea de forma automática.

La mejora ergonómica del cantiléver, es de vital importancia debido a que ahorrará tiempo de trabajo, el operador no estará sometido a levantar grandes cargas, se evitarán lesiones a corto, mediano y largo plazo; el trabajo hombre-máquina será más agradable, lo cual traerá como consecuencia un bienestar para los operarios del equipo así como para el proceso productivo.

Al mejorar la ergonomía del sistema se estará dando cumplimiento con la ley orgánica de prevención, condiciones y medio ambiente de trabajo (LOPCYMAT), de la cual se hace referencia en los soportes legales de este informe.

La realización de este proyecto ha dejado un aprendizaje importante enfocado en el diseño de máquinas y empleo de programas de software para la realización del mismo. El diseño se hizo con la ayuda de *Solidworks*; es significativo decir que no había trabajado con esta herramienta pero con el desarrollo del proyecto fui aprendiendo a utilizarlo. En la actualidad la

realización de planos se lleva a cabo con ayuda de programas de diseño como; *Autocad*, *inventor*, *Solidworks*, etc. Es importante como ingeniero mecánico saber emplear estos programas para un mejor desempeño profesional.

La experiencia fue muy buena en la formación académica pues incentiva continuamente a la investigación, fortaleciendo los conocimientos técnicos y teóricos aprendidos en la universidad. Lo relevante de la pasantía es poder poner en práctica las herramientas adquiridas durante los años de estudio, lo cual ayuda a resolver las situaciones que se presentan, contribuyendo así al inicio del camino laboral y profesional.

### **Fundamentos Teóricos**

Estableciendo un profundo análisis teórico reflexivo de la situación objeto de estudio, se estableció para la realización del proyecto documentarse a cerca de los siguientes temas:

- Ergonomía industrial
- Máquinas hidráulicas
- Transmisión por cadena
- Montaje de piñones
- Motorreductores
- Chumaceras
- Transmisión de potencia mediante ejes

Según López, A. (2000), *la ergonomía industrial* es una disciplina científica o ingeniería de los factores humanos, de carácter multidisciplinar, centrada en el sistema persona – máquina, cuyo objetivo consiste en la adaptación del ambiente o condiciones de trabajo a la persona con el fin de conseguir la mejor armonía posible entre las condiciones óptimas de confort y la eficacia productiva.

#### *Principios básicos de Ergonomía Industrial*

1. - La máquina se concibe como un elemento al servicio de la persona, susceptible de ser modificada y perfeccionada.
2. - La persona constituye la base de cálculo del sistema hombre-máquina y en función de esta máquina deberá ser diseñada, a fin de permitirle realizar el trabajo libre de toda fatiga física, sensorial o psicológica.

Los siguientes puntos se encuentran entre los objetivos generales de la ergonomía:

- Reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales.
- Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores.
- Aumento de la producción.
- Mejoramiento de la calidad del trabajo.
- Disminución del absentismo.
- Aplicación de las normas existentes.
- Disminución de la pérdida de materia prima.

*El cantiléver* como se conoce en la empresa técnicamente es un vehículo monta carga manual de accionamiento hidráulico, debido a esto es pertinente conocer el concepto de las *máquinas hidráulicas*; para Galeano, M. (2002), las máquinas hidráulicas funcionan por la presión de los líquidos. Para ello utilizan un juego de dos o más cilindros conectados por tubos que contienen el fluido hidráulico. En cada uno de los cilindros hay un pistón. Para que la máquina funcione se aplica una fuerza a uno de los cilindros, llamado cilindro vertical, que eleva la presión del fluido a través de todo el sistema y los pistones de los cilindros restantes (llamados cilindros esclavos) se mueven hacia afuera, realizando una función útil. La fuerza que produce cada uno de los cilindros esclavos depende de su diámetro.

Las máquinas hidráulicas funcionan por los mismos principios que las palancas y engranajes, de modo que cuanto más ancho es el cilindro esclavo, tanto mayor es la fuerza que aplica y tanto menor la distancia que recorre.

En la mejora del cantiléver se utilizó un mecanismo piñón-cadena, por ello es conveniente estar al tanto la teoría descrita por Shigley y Mitchellen (1985), p. 815, *La Transmisión de cadena de rodillos* incluye como características básicas una relación constante de velocidad, puesto que no hay resbalamiento o estirado; larga vida o duración y la capacidad de impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz.

Las cadenas de rodillos las ha estandarizado el ANSI en lo relativo a tamaños. En la figura 1 se ilustra la nomenclatura. El paso es la distancia

lineal entre centros de rodillos. El ancho es la distancia entre las caras internas de los eslabones.

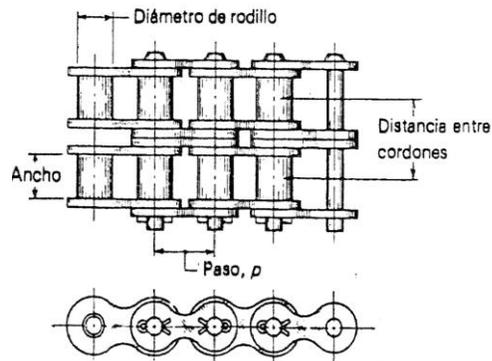


Figura 1 Sección de una cadena de rodillos con dos cordones

En la figura 2 se muestra una rueda dentada para cadena *sprocket* que impulsa una transmisión de cadena en sentido contrario al del reloj. Designando el diámetro de paso de la cadena por  $p$ , el ángulo de paso por  $\gamma$  y el diámetro de paso de la rueda con  $D$ .

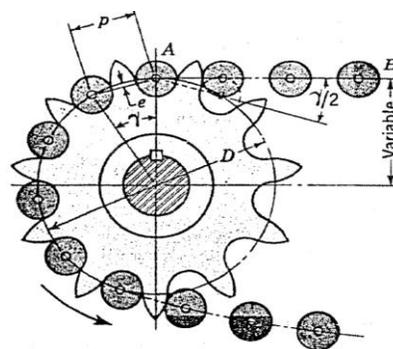


Figura 2 Conexión entre una cadena y una rueda dentada

Generalmente se define a la velocidad lineal de la cadena como el número de dientes que salen de la rueda por unidad de tiempo. Por lo tanto la velocidad  $V$  en pies por minutos es:

$$V = \frac{\pi D n}{12} = \frac{N p n}{12}$$

Donde:

N: es número de dientes de la rueda

p: paso de la cadena

n: velocidad de la rueda, rpm

Aunque un gran número de dientes se considera deseable para la rueda motriz de una cadena, usualmente es ventajoso que la rueda sea lo más pequeña posible, y para eso se requiere que tenga pocos dientes. Para una operación suave a velocidades moderadas y altas se considera buena práctica que la rueda tenga por lo menos 17 dientes; desde luego 19 o 21 darían una mejor esperanza de vida con menos ruido en la cadena. Donde las limitaciones de espacio son severas o en el caso de velocidades muy bajas, pueden utilizarse número más pequeños de dientes, sacrificando la duración probable o esperanza de vida de la cadena.

Continuando con la fundamentación es significativo comprender como debe ser el montaje de cadenas. Establece Marcilla G (2007), que el montaje de una cadena es sumamente sencillo y requiere pocas atenciones, se precisa que:

*El montaje de piñones cumpla:*

- Que mantenga un paralelismo entre piñón y conductor y piñón conducido.
- Que los piñones además de paralelos se mantengan en un plano perfecto.

- Que el eje o el árbol sobre el que se monten los piñones no tengan holgura ni estén descentrados lo que hace que aparezcan brincos y tensiones anómalas.

*La colocación de la cadena cumpla:*

Que no ofrezca ni exceso, ni defecto de tensión. En caso de exceso se acorta su vida útil, en el caso de defecto tiende a salirse.

Para la mejora del cantiléver se empleará un *reductor de velocidad*. En parecer de Orozco, M. (2009), los reductores ó motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

*Características de operación*

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)

- Torque (PAR) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción (I).

#### *Características del trabajo a realizar*

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

#### *Condiciones del ambiente*

- Humedad
- Temperatura
- Ejes a 180°, ó, 90°.

La optimización del sistema contempla el uso de *chumaceras* por ello se asienta en la teoría de Deutschma A, Michels W y Wilson C (1987) p. 429, en su libro *Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica*, donde establecen que la chumacera es un soporte de muñón al que se le aplica carga en la dirección radial. Una chumacera consiste de dos partes principales, la flecha llamada muñón y el cilindro hueco que soporte a la flecha al que se le conoce como chumacera. En casi todas las aplicaciones, el muñón gira, mientras que la chumacera esta fija. Sin embargo, hay casos en que el muñón eta fijo y gira la chumacera y en algunos otros casos giran tanto las chumaceras como los muñones.

### *Ventajas de las chumaceras de rodamientos*

- El par de fricción inicial es bajo
- Fácil lubricación ya sea con grasa preempacada o con sistema de aceites relativamente simples
- Menor espacio axial para diámetros de flechas comparables
- Pueden soportar tanto carga radial como axial, excepción hecha con rodillos rectos.
- Aviso anticipado para impedir falla detectada por el incremento del ruido a la misma velocidad de rotación.
- Fácilmente reemplazables, pudiendo tenerse en existencia.

Es de suma importancia tener en cuenta la teoría de *transmisión de potencia mediante ejes*, debido a que el mecanismo de mejora del cantiléver tiene un eje que se asienta en chumaceras, el cual lleva un piñón en su punto medio. En el libro *Diseño de Máquinas* de los autores Hall A, Holowenco A y Laughlin H (1987) p. 113, señalan que el diseño de ejes consiste básicamente en la determinación del diámetro correcto del eje para asegurar rigidez y resistencia satisfactorias cuando el eje transmite potencia en diferentes acciones de carga y operación. Generalmente los ejes tienen sección transversal circular y pueden ser huecos o macizos.

### *Cálculo del diámetro del eje*

La ecuación del código ASME para un eje macizo combina torsión, flexión y carga axial pequeña o nula, aplicando la ecuación del esfuerzo cortante máximo modificada mediante la introducción de factores de choque, fatiga y columna:

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot s_s} \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot M_t)^2}$$

Siendo:

$d$  = Diámetro del eje

$s_s$  = Esfuerzo permisible

$K_b$  = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento flector

$K_t$  = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento de torsión

$M_b$  = Momento de flexión (lb-pul)

$M_t$  = Momento de torsión (lb-pul)

### **Soportes Legales**

La siguiente normativa jurídica sustenta la situación objeto de estudio de este informe.

*La constitución de la República Bolivariana de Venezuela en su artículo 89 establece lo siguiente:*

El trabajo es un hecho social y gozará de la protección del Estado. La ley dispondrá lo necesario para mejorar las condiciones materiales, morales e intelectuales de los trabajadores y trabajadoras.

*De la Ley orgánica del trabajo Capítulo VI, de la Higiene y seguridad en el trabajo*

*Artículo 236:* el patrono deberá tomar las medidas que fueren necesarias para que el servicio se preste en condiciones de higiene y seguridad que respondan a los requerimientos de la salud del trabajador, en un medio ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio de sus facultades físicas y mentales.

*Artículo 237:* ningún trabajador podrá ser expuesto a la acción de agentes físicos, condiciones ergonómicas, riesgos sicosociales, agentes químicos, biológicos o de cualquier otra índole, sin ser advertido acerca de la naturaleza de los mismos, de los daños que pudieren causar a la salud, y aleccionado en los principios de su prevención.

*El título V de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, (LOPCYMAT) está referido a la Higiene, Seguridad y Ergonomía.*

*El artículo 59 de la LOPCYMAT refiere lo siguiente acerca del trabajo:*

- Adaptación de las técnicas, maquinarias, herramientas, equipos a las características de los trabajadores y no viceversa, cumpliendo los requisitos establecidos en las normas de salud, higiene, seguridad y ergonomía.

## **Metodología**

Existe un conjunto de técnicas y procedimientos que se siguieron para detectar y dar solución a la situación problemática. A continuación se describen los métodos utilizados:

### **1) *Revisión bibliográfica:***

Según Ariza R (2008), La revisión bibliográfica comprende todas las actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita sobre un tema específico, y sobre el cual se reúne y discute de manera crítica toda la información recuperada y utilizada. El investigador desea una perspectiva completa sobre el saber acumulado respecto a un tema y para alcanzarlo deberá desplegar una estrategia eficiente que garantice recuperar el mayor número de documentos esenciales relacionados con el tema de investigación.

Esta técnica se utilizó cuando se recabó información en los libros de diseño de máquinas y durante la investigación sobre ergonomía industrial a través de internet.

### **2) *Observación directa:***

Para González E (1997), la Investigación directa, es aquella en que el investigador observa directamente los casos o individuos en los cuales se produce el fenómeno, entrando en contacto con ellos; sus resultados se consideran datos estadísticos originales, por esto se llama también a esta investigación primaria.

Durante esta etapa se entró en contacto con la situación objeto de estudio, se tomaron fotografías del sistema y de su entorno.

### **3) Recolección de los datos a través de técnicas e instrumentos**

Las técnicas empleadas para dar con la situación problemática fueron:

- *La lista de cotejo*
- *Entrevistas no estructuradas con los operarios de las tubuladoras 1, 2, 3 y 4.*

A continuación se definirá en qué consisten las técnicas empleadas:

La lista de cotejo en opinión de Palacios F (2011), es un instrumento que sirve para registrar la observación estructurada que permite al que la realiza detectar la presencia o ausencia de un comportamiento o aspecto definitivo previamente.

Básicamente, este instrumento debe partir de un propósito específico y consiste en una lista de palabras con oraciones que pueden señalar tanto conductas negativas o positivas, referidas, por lo general, a secuencia de operaciones.

Dentro de la lista de cotejo se hizo una entrevista no estructurada a los operarios de las máquinas tubuladoras 1, 2, 3 y 4. Sabino C (2002), fija que una *entrevista no estructurada* es más flexible y abierta, aunque los objetivos de la investigación rigen a las preguntas, su contenido, orden, profundidad y formulación se encuentran por entero en manos del entrevistador. Si bien el investigador, sobre la base del problema, los objetivos y las variables,

elabora las preguntas antes de realizar la entrevista, modifica el orden, la forma de encauzar las preguntas o su formulación para adaptarlas a las diversas situaciones y características particulares de los sujetos de estudio.

#### **4) Procesamiento y análisis de los datos**

En esta etapa se empleo la lluvia de ideas, que en criterio de Péganos C (2009), es una técnica frecuentemente usada para producir ideas creativas. Generalmente se le define como una técnica de creatividad de grupo para generar una gran cantidad de ideas para resolver un problema. De manera sencilla la técnica tiene cuatro grandes principios:

1. Centrarse en la cantidad de ideas, no en la calidad. La calidad será dada por la cantidad
2. Eliminar toda crítica. No son bienvenidas ninguna forma de crítica en la lluvia de ideas o brainstorming. Toda idea tiene valor.
3. Ideas inusuales son bienvenidas
4. Combinar ideas es buena idea

La lluvia de ideas es una técnica fácil se utilizar, además de una herramienta útil que permitió tener las primeras percepciones de cómo se iba a dar solución a la situación problemática.

## Presentación de resultados

**TABLA 2** *Lista de Cotejo*

Descripción	Indicadores	Interpretación
a) <b>Observación del cantiléver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Componentes</li> </ul>	Buen estado de los componentes; ruedas, gato hidráulico, estructura de soporte y placa porta eje.
b) <b>Observación de las operaciones con el cantiléver.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operatividad</li> <li>Maniobrabilidad</li> </ul>	Presenta un manejo rudimentario.
c) <b>Entrevista no estructurada con los operarios del sistema.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opiniones</li> <li>Ideas</li> <li>Experiencias</li> </ul>	El cantiléver se hace difícil de maniobrar cuando está cargado con el eje debobinador.

**TABLA 3** *Entrevista no Estructurada*

Entrevistado	Respuestas de los entrevistados
<b>Operario Tubuladora 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las ruedas del cantiléver dificultan su desplazamiento por parte del operador.</li> <li>El sistema es pesado y requiere de un gran esfuerzo físico del operario.</li> <li>Los ejes debobinadores de la tubuladora 3 y 4 son más pesados que las de la 1 y 2, es por ello que al operador le es complicado controlar el peso del cantiléver sumado al del eje.</li> </ul>
<b>Operario Tubuladora 1 y 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantiléver de relativo fácil manejo</li> <li>Poco espacio para realizar la tarea</li> </ul>
<b>Operario Tubuladora 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejes pesados</li> <li>Considera que emplear el cantiléver hace más lenta la tarea</li> <li>Poco espacio de operación</li> </ul>

Como resultado de las entrevistas y observación de la situación problemática se generó una *Lluvia de ideas*, a continuación se describe el proceso:

a) Situación: El sistema (cantiléver), que se utiliza para introducir el eje debobinador a la bobina resulta incomodo para los operarios.

b) Resultado de la lluvia de ideas:

- Cambiar las ruedas locas del sistema por unas fijas.
- Colocar un riel para el recorrido del cantiléver.
- Innovar un sistema completamente nuevo.
- Modificar el sistema existente, adecuándolo a los operarios.
- Automatizar la operación empleando el sistema existente.

Datos recabados a través de los instrumentos

- El cantiléver pesa 182.5Kg
- El eje debobinador pesa 41Kg
- Las ruedas locas traseras hacen difícil la maniobrabilidad del cantiléver para dicho peso.
- Poco espacio para realizar el trabajo

### La optimización del proceso

Al analizar estos datos se concluyó que el cantiléver debe ser mejorado, de forma tal que los operarios no tengan que maniobrarlo manualmente y lo conveniente es una automatización del proceso. Para ello se ideó usar el mecanismo de piñón-cadena, exactamente dos piñones, el conductor unido al motorreductor y el conducido estará a cierta distancia. La cadena que pasará por los piñones tendrá un perro de arrastre que estará unido al cantiléver, entonces al encender el motor este dará movimiento al conjunto provocando un desplazamiento del cantiléver hacia la bobina para que inserte el eje debobinador.

### Selección del motorreductor

Para la selección de un motorreductor se debe tener en consideración la potencia y la relación de reducción, basada en las RPM de salida requerida.

En la tabla 3, están contenidos los cálculos para obtener la potencia que debe tener el motor que se empleará en el mecanismo de mejora del cantiléver.

### Selección de los piñones y la cadena

Los piñones seleccionados deben ser de pocos dientes, y paso considerable de manera que se aproveche el torque entregado por el motor.

En la tabla 4, esta los cálculos de la velocidad lineal de la cadena, además de la relación de reducción de velocidad de entrada y salida.

En la tabla 5 están contenidos los cálculos que dan a conocer la longitud de cadena apropiada que debe tener el mecanismo.

#### Selección del diámetro del eje de transmisión

El mecanismo de automatización del cantiléver posee un eje de transmisión que va montado sobre dos chumaceras en sus extremos, para conocer el diámetro del eje es necesario realizar los cálculos para diseño de ejes de transmisión. Los cálculos están reflejados en la tabla 6.

**TABLA 4** Potencia del Motorreductor

Descripción	Datos	Operación	Resultado
El valor de la fuerza que se obtuvo con el experimento del dinamómetro se multiplica por cinco. (ver actividades de la semana IX)	$P = F \times v$ Donde: <i>P</i> : potencia(Hp) <i>F</i> : Fuerza(N) <i>v</i> : velocidad(m/s) $F = 7Kg-f$	$F = 7kgf \times (5)$	$F = 35Kg-f$
Para el cálculo de la velocidad deseada de desplazamiento del cantiléver, se tomó como referencia el tiempo que tarda en extenderse el vástago del actuador neumático de la impresora uno. (ver actividades de la semana IX)	$v = \frac{d}{t}$ Donde: <i>v</i> =Velocidad(m/s) <i>d</i> = Distancia (m) <i>t</i> = Tiempo (s) $d = 2.30m$ $t = 24seg$	$v = \frac{2.30m}{24seg} =$ $v = 0.0958 m/s$	$v \cong 0.1m/s$
Cálculo de la potencia	$P = F \times v$ <i>P</i> = Potencia(Hp) <i>F</i> = Fuerza (N) <i>v</i> = Velocidad (m/s)	$P = 35kgf \cdot \frac{9.8N}{1kgf} \cdot \frac{0.1m}{s}$ $P = 34.30W$	$P = (5) \times 0.0459Hp$ $P = 0.23 Hp$
Se multiplica la potencia por cinco por factor de seguridad		Conversión de Kw a Hp $0.034Kw \cdot \frac{1Hp}{0.745699 Kw}$ $P = 0.0459 Hp$	Considerando las pérdidas en la transmisión y el rozamiento del eje cuando entra a la bobina, es adecuado utilizar un motor con potencia <b>0.5Hp</b> .

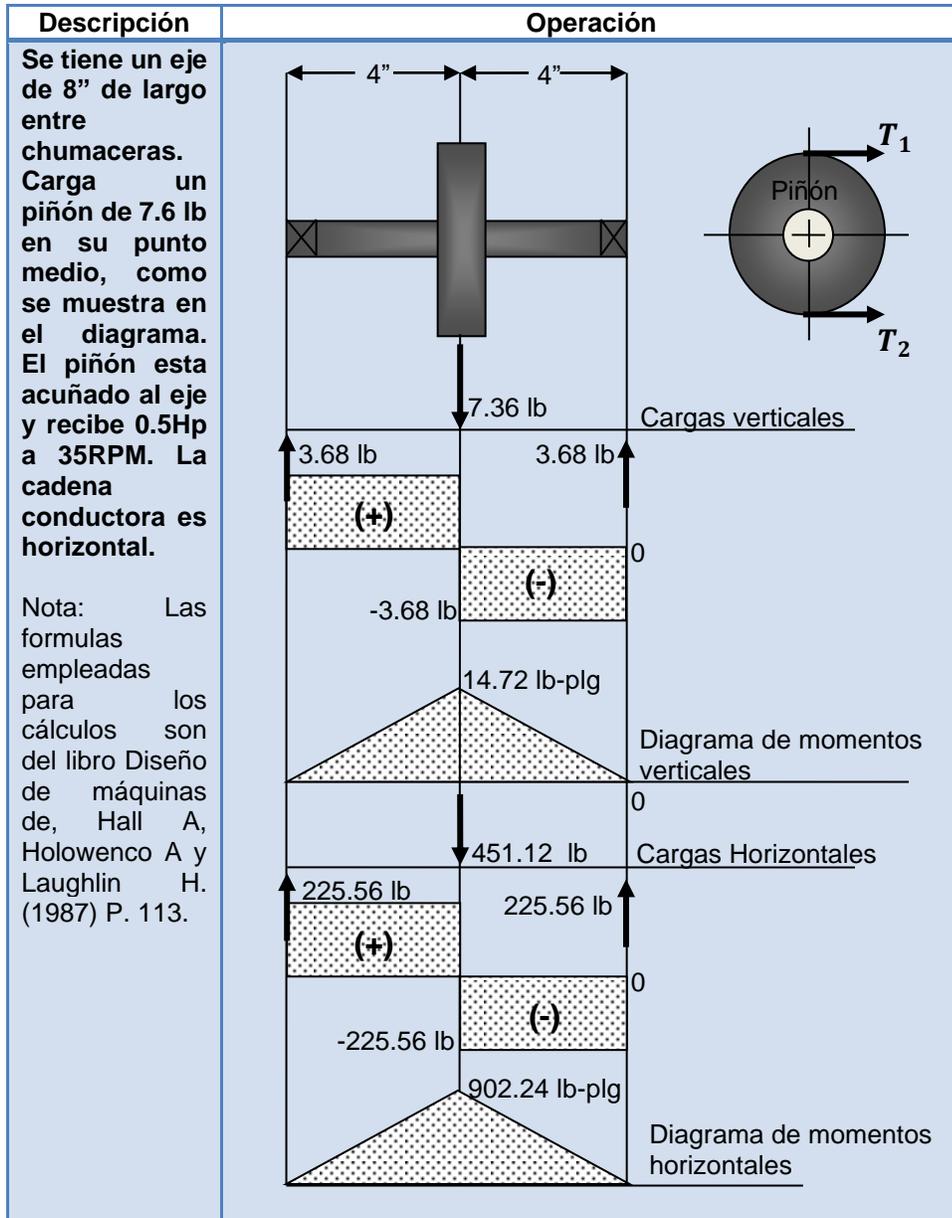
**TABLA 5** *Velocidad Lineal del Cantiléver*

Descripción	Datos	Operación	Resultado
<p><b>Cálculo de la velocidad lineal.</b></p> <p>Con la siguiente formula tomada del libro de “Diseño de Ingeniería Mecánica”, del autor Joseph E. Shigley, Capítulo 17, página 817, se efectuará el siguiente cálculo:</p>	$v = \frac{Npn}{60 \times 10^3}$ <p>Donde:  v= velocidad de la cadena (m/s)  N= número de dientes de la rueda  P= paso de la cadena (mm)  n= velocidad de rotación de la Catarina, rpm (rev/min).</p> <p>Considerando un piñón de 11 dientes, y una cadena ANSI N°120-2 de 38.10mm de paso, se procedió a calcular la velocidad lineal de la cadena con la ecuación anteriormente nombrada:</p>	<p>La velocidad de los motores es normalmente alta, por ello se necesita un reductor de velocidad, el cual va acoplado al motor. De manera que la salida del motor reducida es:</p> $i = \frac{1750rpm}{50} = 35rpm$ $v = \frac{11Dtes \times 38.10mm \times 35rpm}{60 \times 10^3}$	<p><b>v = 0,244m/s</b></p> <p>A esta velocidad se desplazará el cantiléver</p> <p>Los componentes seleccionados satisfacen la ecuación.</p> <p>Gracias al cálculo realizado es evidente que se necesita una velocidad de 35RPM de salida del reductor para cumplir con la velocidad lineal que se desea. Debido a esto se opta por seleccionar un motor <b>50:1</b>.</p>

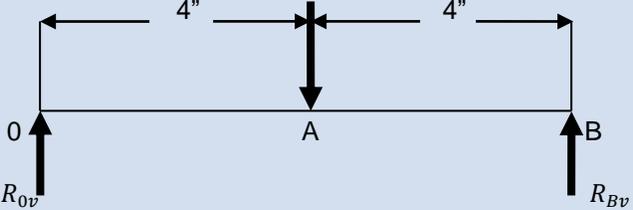
**TABLA 6** Longitud de la cadena

Descripción	Datos	Operación	Resultado
<p>La cadena seleccionada es una ANSI N°120-1. Con ayuda del programa Solidworks se sabe que la longitud de la cadena es de 6436.610mm (253.4"). Sin embargo, es conveniente que la longitud sea un múltiplo par del paso diametral 1.5". Entonces:</p>	<p>P= 30.10mm (1.5")</p> <p>L= 253.4"</p>	$\frac{L}{P} = \frac{2 \cdot c}{p} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{(N2 - N1)^2}{4\pi \cdot c}$ $\frac{L}{P} = \frac{2 \cdot (117")}{1.5"} + \frac{11 + 11}{2} + \frac{(11 - 11)^2}{4\pi \cdot c}$ <p><i>L</i>/<i>P</i> = 167 <i>pasos</i></p> <p>Siendo el número de par de pasos más aproximado de 168 pasos y este será el utilizado. Esto se hace debido a que es preferible tener un número par de pasos, pues de otro modo sería necesario un eslabón de compensación.</p> <p>Se requiere un ligero ajuste en la distancia entre centros. Sustituyendo L/P y despejando C:</p> $168 = \frac{2 \cdot c}{1.5"} $ $C = 117.75"$ <p>Siendo la distancia entre centros corregida, y la longitud de cadena:</p> $L = \frac{253.4"}{1.5"} = 168.9 \approx 168$ $L_{cadena} = (1.5") \cdot (168) = 252"$	<p>La longitud de la cadena debe ser de <b>252"</b> y la distancia entre centros corregida de <b>117.75"</b></p>

**TABLA 7** Diseño del eje de transmisión



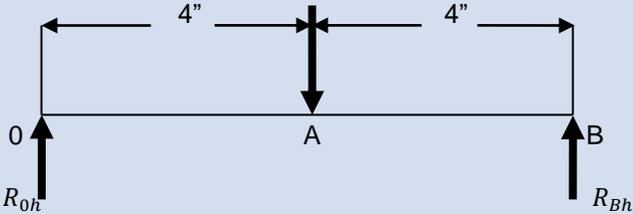
**TABLA 7 (Cont.)**

Descripción	Operación
<p><b>Cálculo de las reacciones y de los momentos verticales.</b></p>	<p>Diagrama del cuerpo libre para cargas verticales</p>  <p>Cálculo de las reacciones verticales</p> $(+)\uparrow \sum F_y = R_{0v} + R_{Bv} - 7.36lb = 0$ $R_{0v} = 7.36lb - R_{Bv} \text{ Ecu1}$ $\curvearrowright \sum M_{0v} = -(7.36lb \times 4pul) + (R_{Bv} \times 8pul) = 0$ $R_{Bv} = \frac{7.36lb \times 4pul}{8pul} = 3.68lb$ <p>Sustituyendo en ecu1</p> $R_{0v} = 7.36lb - 3.68lb = 3.68lb \therefore R_{0v} = R_{Bv}$ <p>Cargas verticales diagrama de corte</p> $3.68lb - 7.36lb = -3.68lb$ $-3.68lb + 3.68lb = 0$ <p>Aplicando el método de las áreas para el diagrama de momentos horizontales</p> $A_{1.1} = b \times h = 3.68lb \times 4pul = 14.72lb \cdot pul$ $A_{1.2} = b \times h = -3.68lb \times 4pul = -14.72lb \cdot pul$ $A_{1.1} + A_{1.2} = 0$

**TABLA 7 (Cont.)**

Descripción	Operación
<p><b>Cálculo del momento máximo de torsión y de las tensiones en la cadena.</b></p>	<p>Cálculo del momento máximo de torsión</p> $M_{t(\max)} = \frac{Hp \times 63000}{rpm} \text{ (lb.pul)}$ <p>Sustituyendo:</p> $M_{t(\max)} = \frac{0.5Hp \times 63000}{35rpm} = 900\text{lb.pul}$ <p>Suponiendo una relación de tensiones 4:1</p> $M_{t(\max)} = (T_1 - T_2)R$ <p>Donde:  <math>T_1</math> = Tensión en el ramal tirante de la cadena  <math>T_2</math> = Tensión en el ramal flojo de la cadena  <math>R</math> = Radio primitivo del piñón = 2.66 pul.</p> $T_1 = 4T_2$ $(4T_2 - T_2)2.66\text{pul} = 900\text{lb.pul}$ $3T_2 = \frac{900\text{lb.pul}}{2.66\text{pul}} = 3T_2 = 338.345\text{lb}$ $T_2 = \frac{338.345\text{lb}}{3} = 112.78\text{lb}$ <p>Por lo tanto <math>T_1 = 3(112,78\text{lb}) = 338.34\text{lb}</math></p> <p>Entonces</p> $(T_1 + T_2) = 451.12\text{lb}$

**TABLA 7 (Cont.)**

Descripción	Operación
<p><b>Cálculo de las reacciones y momentos horizontales.</b></p>	<p>Diagrama del cuerpo libre para cargas horizontales</p>  <p>(+) <math>\uparrow \sum F_y = R_{0h} + R_{Bh} - 451.12lb = 0</math></p> <p><math>R_{0h} = 451.12lb - R_{Bh}</math> Ecu1</p> <p><math>\curvearrowright \sum M_{0h} = -(451.12lb \times 4pul) + (R_{Bh} \times 8pul) = 0</math></p> <p><math>R_{Bh} = \frac{451.12lb \times 4pul}{8pul} = 225.56lb</math></p> <p>Sustituyendo en ecu1</p> <p><math>R_{0h} = 451.12lb - 225.56lb = 225.56lb \therefore R_{0h} = R_{Bh}</math></p> <p>Cargas horizontales diagrama de corte</p> <p><math>225.56lb - 451.12lb = -225.56lb</math>  <math>-225.56lb + 225.56lb = 0</math></p> <p>Aplicando el método de las áreas para el diagrama de momentos horizontales</p> <p><math>A_{2.1} = b \times h = 225.56lb \times 4pul = 902.24lb \cdot pul</math>  <math>A_{2.2} = b \times h = -225.56lb \times 4pul = -902.24lb \cdot pul</math>  <math>A_{2.1} + A_{2.2} = 0</math></p>

**TABLA 7 (Cont.)**

Descripción	Operación
<p><b>Cálculo del momento de flexión y determinación del diámetro que se empleará para el eje de transmisión.</b></p>	<p>Cálculo del momento de flexión</p> $M_{b(max)}\sqrt{(14.72lb.pul)^2 + (902.24lb.pul)^2} = 902.36lb.pul$ <p>El esfuerzo permisible para un eje con cuñero según ASME es: <math>S_{s(permisible)} = 6000psi</math></p> <p><math>k_b</math> = Factor combinado de choque y fatiga, aplicando el momento flector  <math>k_t</math> = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento de torsión</p> <p>Se empleará <math>k_b</math> y <math>k_t = 1.5</math> Valor indicado para ejes de rotación con carga repentina y choque menor.</p> <p>Cálculo del diámetro del eje</p> $d^3 = \frac{16}{\pi \cdot s_s} \sqrt{(K_b \cdot M_b)^2 + (K_t \cdot M_t)^2}$ <p>Sustituyendo:</p> $\frac{16}{\pi \cdot 6000} \sqrt{(1.5 \times 902.36)^2 + (1.5 \times 900)^2}$ <p><math>d = \sqrt[3]{1.62} = 1.175pul</math> Se empleará un eje de <math>1\frac{1}{4}pul</math> que es el diámetro normalizado más cercano.</p>

## **PROYECTO DESARROLLADO**

### **REQUERIMIENTOS**

La situación actual del cantiléver, basándose en la entrevista con los operarios y el análisis de los componentes que lo integran es que realiza el trabajo, pero no de manera cómoda para los operarios y por ello requiere una mejora ergonómica. Los componentes que posee este sistema son elementos de máquina comunes tales como; ruedas, gato hidráulico, cadena, polea y palancas, los cuales se encuentran en buenas condiciones de operatividad.

El enfoque para la mejora del cantiléver consiste en la operatividad, en el trabajo hombre-máquina, adecuar el sistema actual al operario y conseguir que mejore significativamente su desempeño. Automatizar el proceso es lo ideal y los implementos técnicos que se necesitan son los siguientes:

- Motorreductor de relación nominal 50:1 y potencia de 0.5Hp.
- Dos piñones de 11 dientes y 30.10mm de paso
- Dos chumaceras
- Una cadena ANSI N°120-1

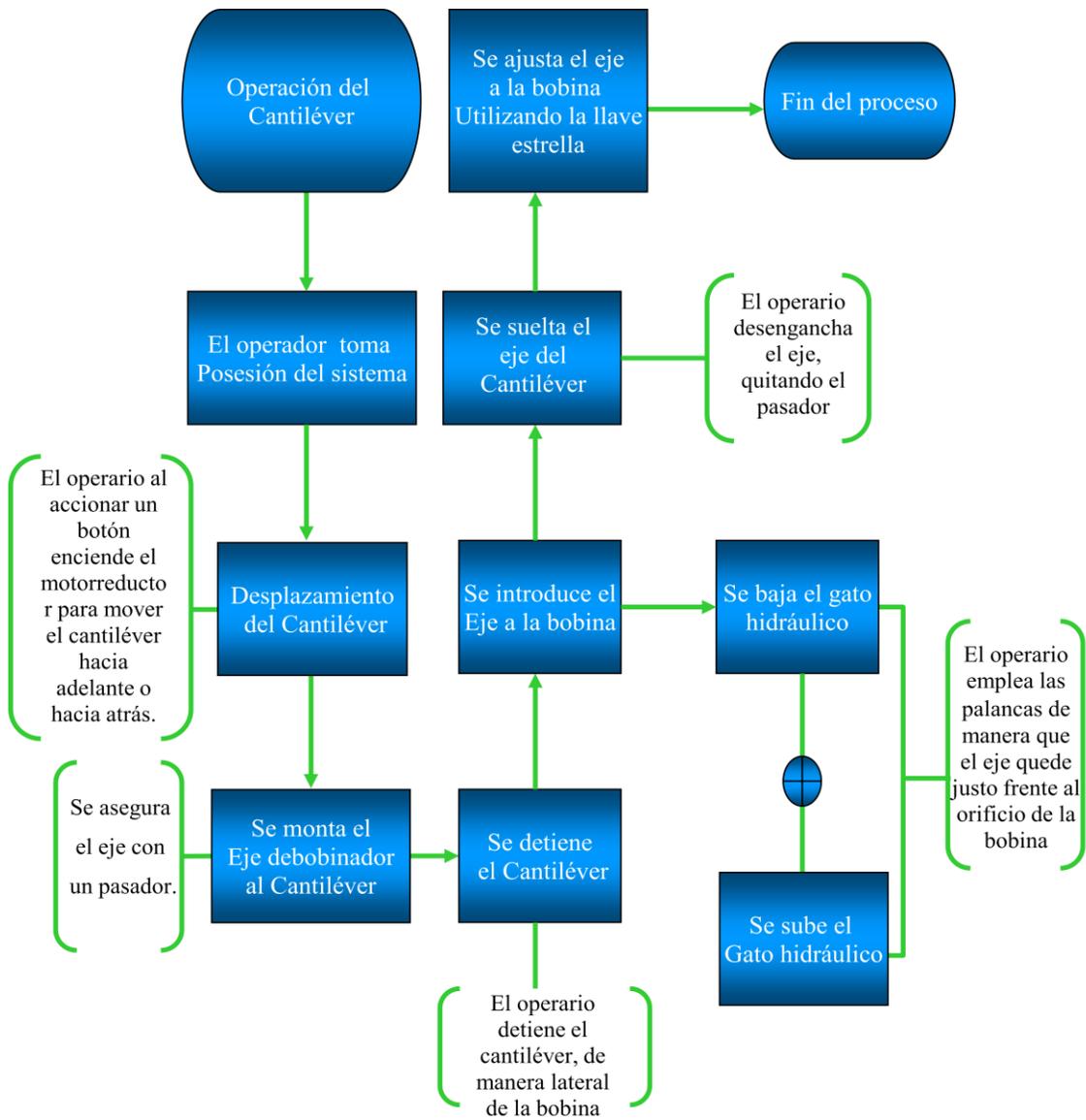
Estos elementos se emplearán para ensamblar un mecanismo de piñón-cadena que sirva para dar movimiento al cantiléver, semejante al de los portones eléctricos. Es necesaria para la ubicación del sistema una fosa, para aprovechar la limitante de espacio.

Para bosquejar el sistema se utilizará el programa de diseño asistido por computadora *Solidworks*, ya que es una herramienta útil para la creación de piezas y ensamblajes en tres dimensiones. Con la ayuda de este programa se pueden apreciar fácilmente los detalles y circunstancias que pueden presentarse al ejecutar el proyecto en la realidad.

Para la ejecución del proyecto será necesario el trabajo del personal y equipos de los talleres de máquinas y herramientas, el de herrería y mantenimiento.

# DISEÑO

## Conceptual



## **Básico**

### **Disponibilidad de tecnologías**

#### ***Estudios Técnicos*** (Matrices de selección de tecnología)

Se empleó la teoría de lluvia de ideas para analizar las posibles tecnologías que podían emplearse para solucionar la situación problemática.

#### *Ideas*

a) Utilizar un vehículo montacargas y modificarlo, cambiándole las horquillas por una plataforma que sirva de apoyo y sujetador del eje debobinador era una opción, aunque poco práctica, además de costosa. Un vehículo montacargas es útil para largos recorridos pero en este caso el recorrido es corto. Es necesario un sistema menos costoso y que haga el trabajo.

El cantiléver, es un montacargas manual modificado para levantar y trasportar ejes, dicho sistema se puede mejorar de manera que el operario no tenga que maniobrarlo manualmente.

b) Se ideó diseñar un cantiléver nuevo, pero es más factible mejorar el que ya se tiene para minimizar los gastos, además que funciona bien, solo hace falta automatizar el proceso.

c) Otra de las alternativas era colocar un riel y cambiar las ruedas por unas especialmente para rieles, así el cantiléver sería más fácil de maniobrar.

d) La situación problemática debe ser resuelta de manera práctica, sencilla y económica utilizando en su mayoría materiales, herramientas y elementos con los que se cuentan en planta.

Resultado de la lluvia de ideas

La idea es emplear un motorreductor, que va a transmitir movimiento a una cadena, en la cual va a ir sujeto un perro de arrastre, que estaría enganchado al cantiléver. Este mecanismo estaría ubicado en una fosa bajo el nivel del suelo, con tan solo el operario tocar un botón se moverá el cantiléver hacia delante y con otro botón hacia atrás, de esta manera no usaría su esfuerzo físico para moverlo, un mecanismo parecido al de los portones eléctricos.

A continuación en las siguientes tablas se describen los componentes que pueden emplearse para el mecanismo de optimización del cantiléver. La información procede de los catálogos de productos de transmisión de potencia SKF para la cadena y las ruedas dentadas, y del Gearmotors and speed reducers para motorreductores.

**TABLA 8 Ruedas Dentadas Métricas**

*ISO 24B-1 Con Paso de 38,10 mm*

Cantidad de dientes	Diámetro primitivo (mm)	Tipo	Orificio Mínimo (mm)	Orificio Máximo (mm)	Cubo/maza H (mm)	Cubo/maza L (mm)	Peso (Kg)
11	135.23	B	25	60	90	50	3.77



Figura 3, Piñón de 11 dientes diseñado en *Solidworks*.

### **Chumaceras**

Una vez diseñado lo anterior es necesario seleccionar un modelo de chumacera que se adapte al sistema motriz. Todo dependerá del orificio del piñón para poder elegir el diámetro del eje que estará acoplado a la chumacera y al piñón. El orificio del piñón tiene un diámetro que oscila entre dos valores, uno máximo y otro mínimo como se muestra en la tabla anterior; no es recomendable fabricarlo por debajo o por encima de estos valores ya que afectaría la resistencia del material.

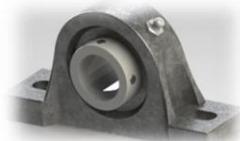


Figura 4, Chumacera diseñada en *Solidworks*

**TABLA 9** Cadena de Rodillos ANSI 120-1

Cadena ANSI N°	120-1
Cadena BS/ISO N°	24A-1
Paso (mm)	38.10
Diámetro del rodillo D1 (mm)	22.23
Distancia entre placas internas B1 (mm)	25.22
Diámetro del pasador D2 (mm)	11.10
Longitud del pasador L (mm)	50.30
Altura de placa interna H2 (mm)	35.70
Espesor de placa T (mm)	4.80
Carga límite a rotura Qmin (KN)	127
Carga de rotura promedio Qo (KN)	156.3
Peso por metro q (Kg/m)	5.62



Figura 5, Cadena de rodillos ANSI N° 120-1, diseñada en Solidworks

**TABLA 10** Motorreductores

Motorreductor	Potencia	RPM de salida	Torque de salida	Relación nominal	Equipo	Factor de servicio
CbN	0.5Hp	35	842Lb-in	50	2103	1.5
MbN	0.5Hp	35	913Lb-in	50	2102	1.5
Cobra	0.5Hp	35	678 Lb-in	50	21	
HWN	0.5Hp	35	758 Lb-in	50	2102	2.4



Figura 6, Motorreductor 50:1 y 1/2 Hp

**Estudios Económicos** (Análisis del costo de implementación: Recursos Materiales, Humanos, Herramientas, Equipos)

Es importante decir que la mejora ideada es un mecanismo sencillo y la empresa cuenta con muchos de los elementos que contiene; por este motivo se seleccionó. Debido a esto el estudio estará enfocado en los equipos y el personal que estaría implicado en la implementación del proyecto.

### **Personal:**

- Los torneros - fresadores
- Los albañiles
- Los soldadores
- Mecánicos y electricistas
- Supervisores de mantenimiento mecánico
- Jefatura de mantenimiento mecánico.

### **Las herramientas y equipos**

- Tornos y fresadoras (fabricación de los piñones y eje de transmisión)
- Equipo de soldadura (De ser necesarios)
- Juego de llaves de ajuste (Ensamblaje de los componentes)
- Material de construcción para la fosa
- Tablero eléctrico para encendido y apagado del motor

### **Horas hombre de trabajo para fabricar los piñones (11 Dtes y 135.23mm de diámetro primitivo)**

Fabricar un piñón con las características ya conocidas requiere de una jornada completa de trabajo, es decir que sería un día por cada piñón; esta información se obtuvo al preguntarle a uno de los torneros quien explicó que esto ocurre debido al tamaño del diámetro. Primero se tendría que cortar el material requerido, luego emplear el torno y posteriormente la fresadora. La

fabricación es delicada pues requiere precisión, dando 16 horas-hombres netas de trabajo.

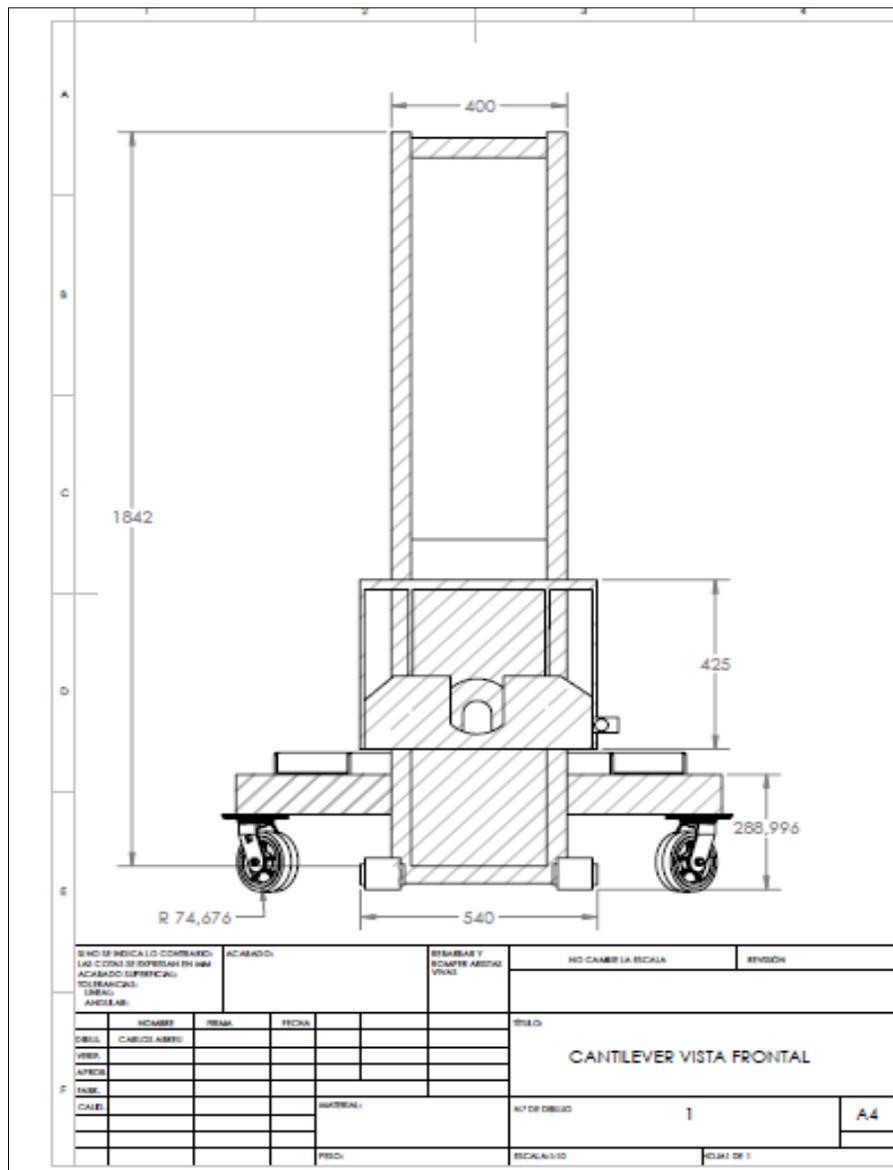
### **Horas hombre de construcción de la fosa**

Conociendo las dimensiones de la fosa y que debe romperse el piso de planta, su construcción podría durar unos cuatro días; entonces las horas de trabajo serían 32 horas-hombre.

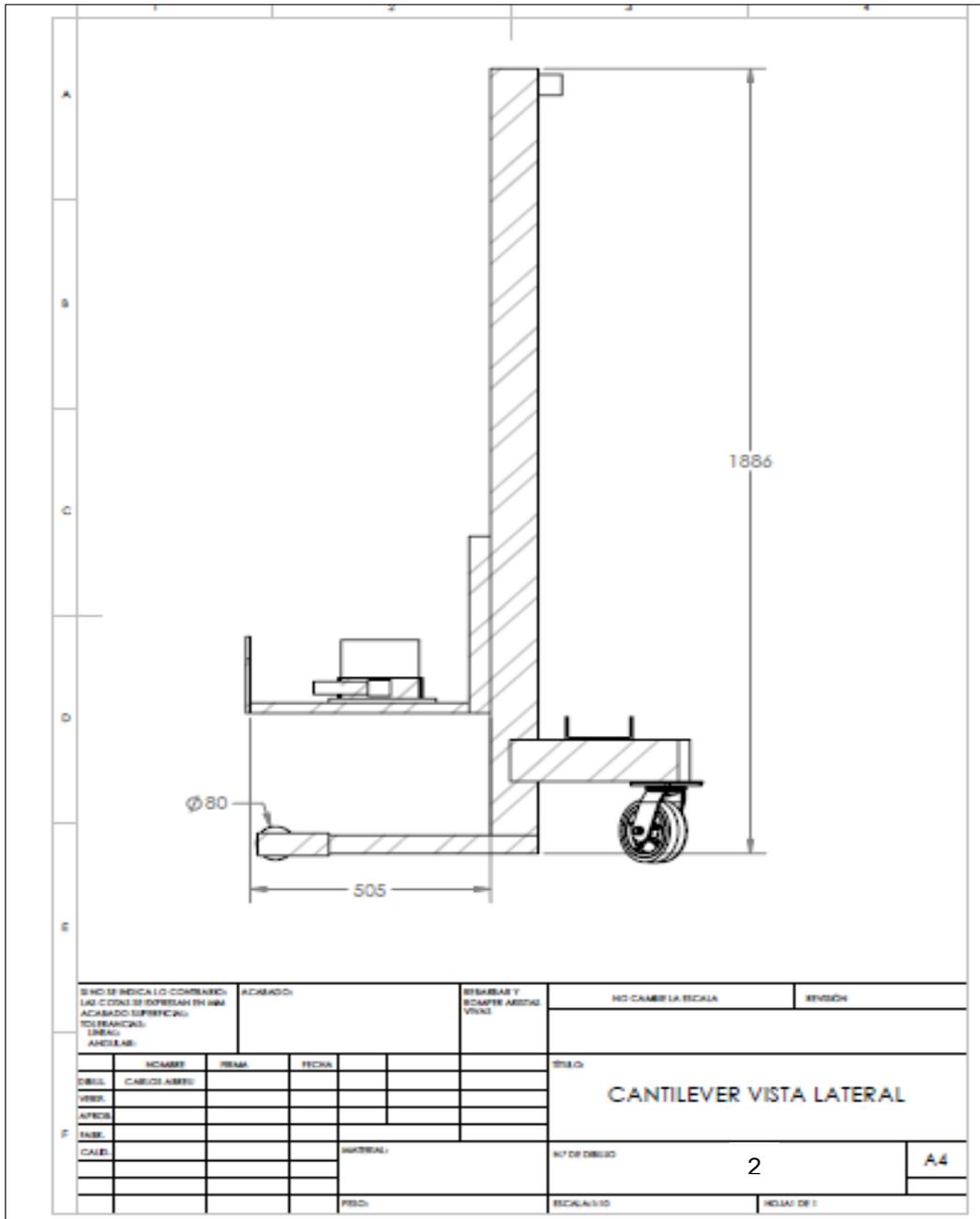
# Modelo Básico del Sistema Propuesto

## Descripción de planos

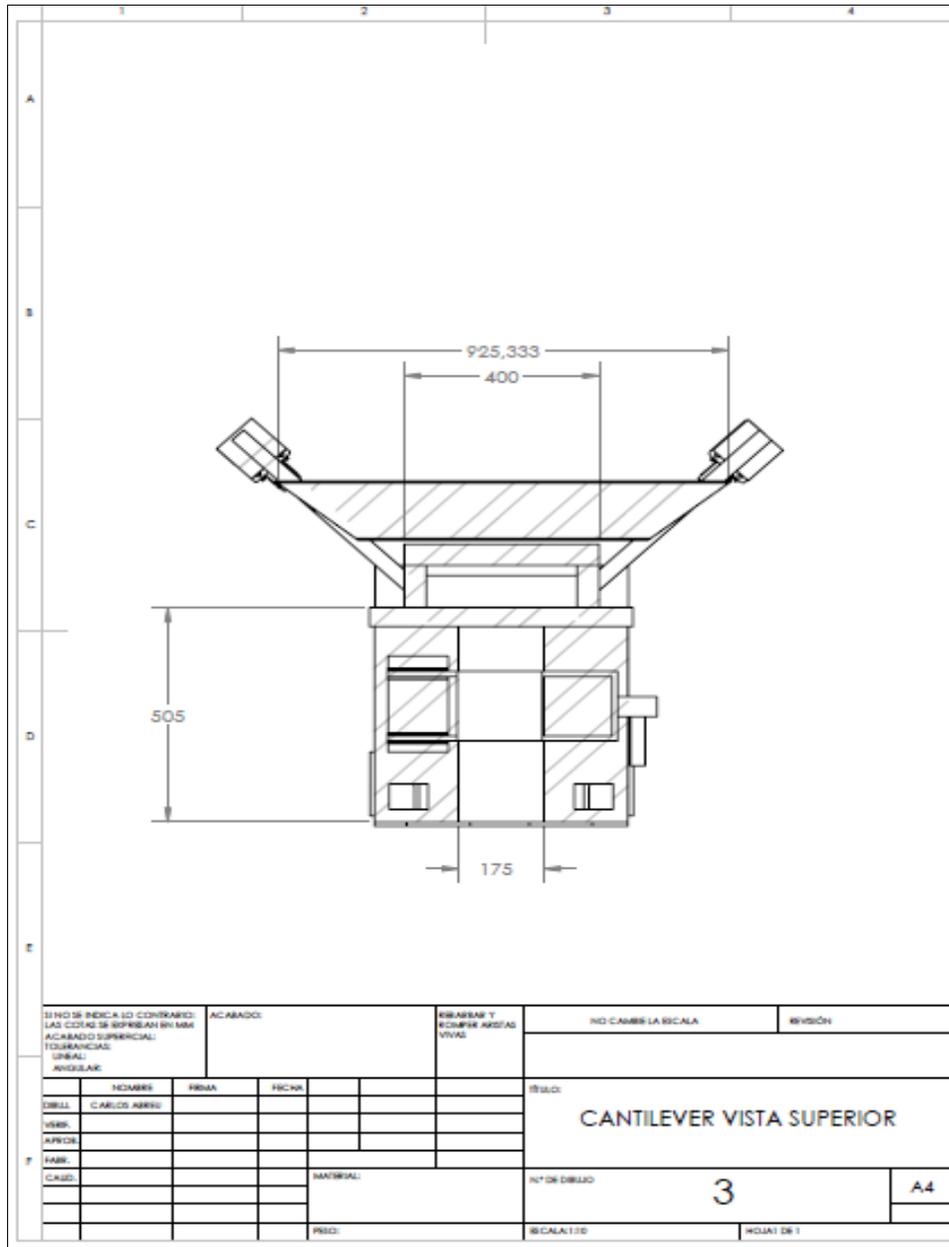
### Vista Frontal Del Cantiléver



Vista Lateral Del Cantiléver



### Vista Superior Del Cantiléver

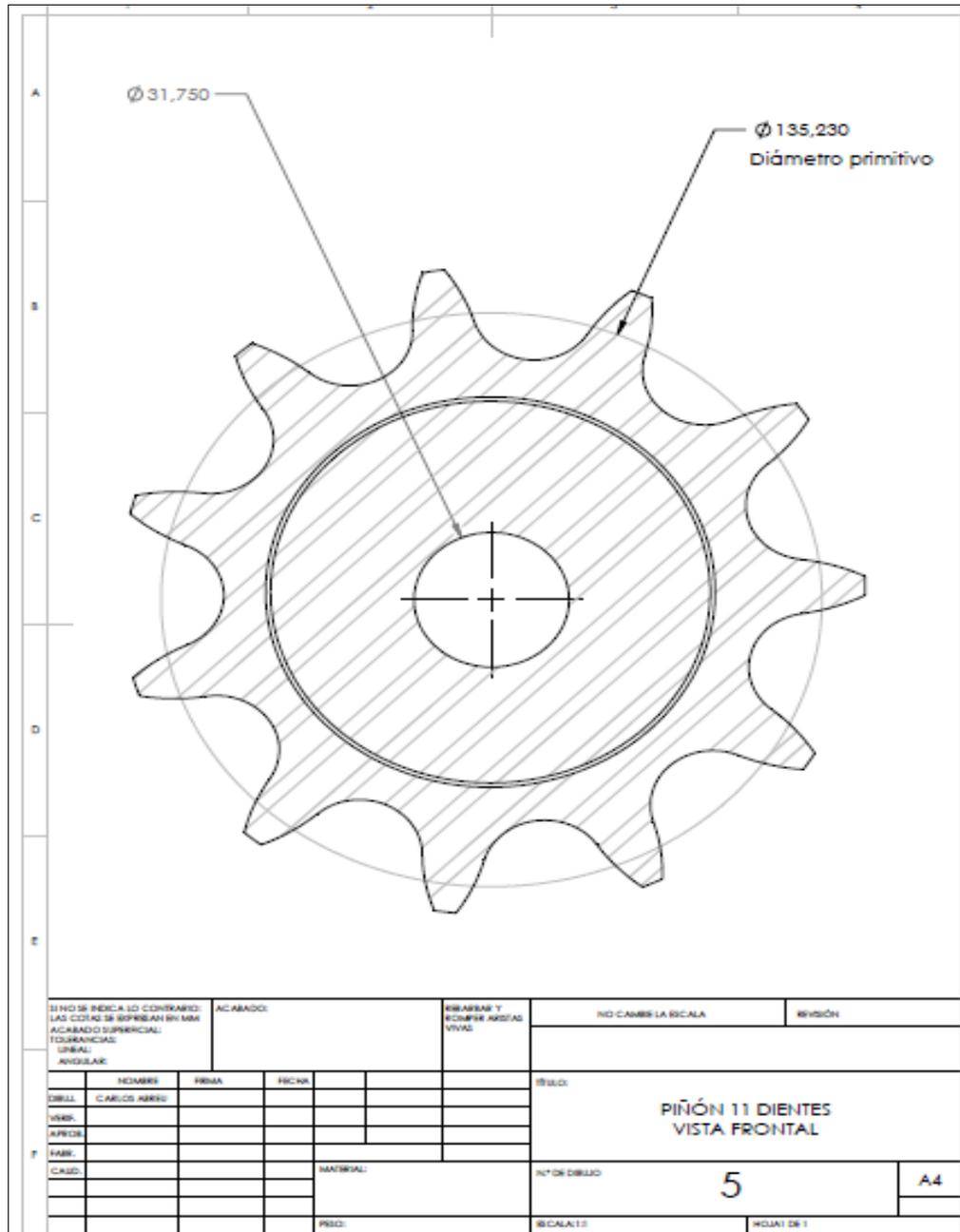


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE REPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: UNIDAD: ANGULARES:		ACABADO:			REBARBAR Y COMER ANGULOS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>NOMBRE</th> <th>PRIMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NO	NOMBRE	PRIMA	FECHA		1					2					3					4					5					TITULO: <b>CANTILEVER VISTA SUPERIOR</b>		
NO	NOMBRE	PRIMA	FECHA																																		
1																																					
2																																					
3																																					
4																																					
5																																					
MATERIAL:					N° DE DIBUJO <b>3</b>		A4																														
PESO:					ESCALA: 1:10		HOJA: 26-1																														

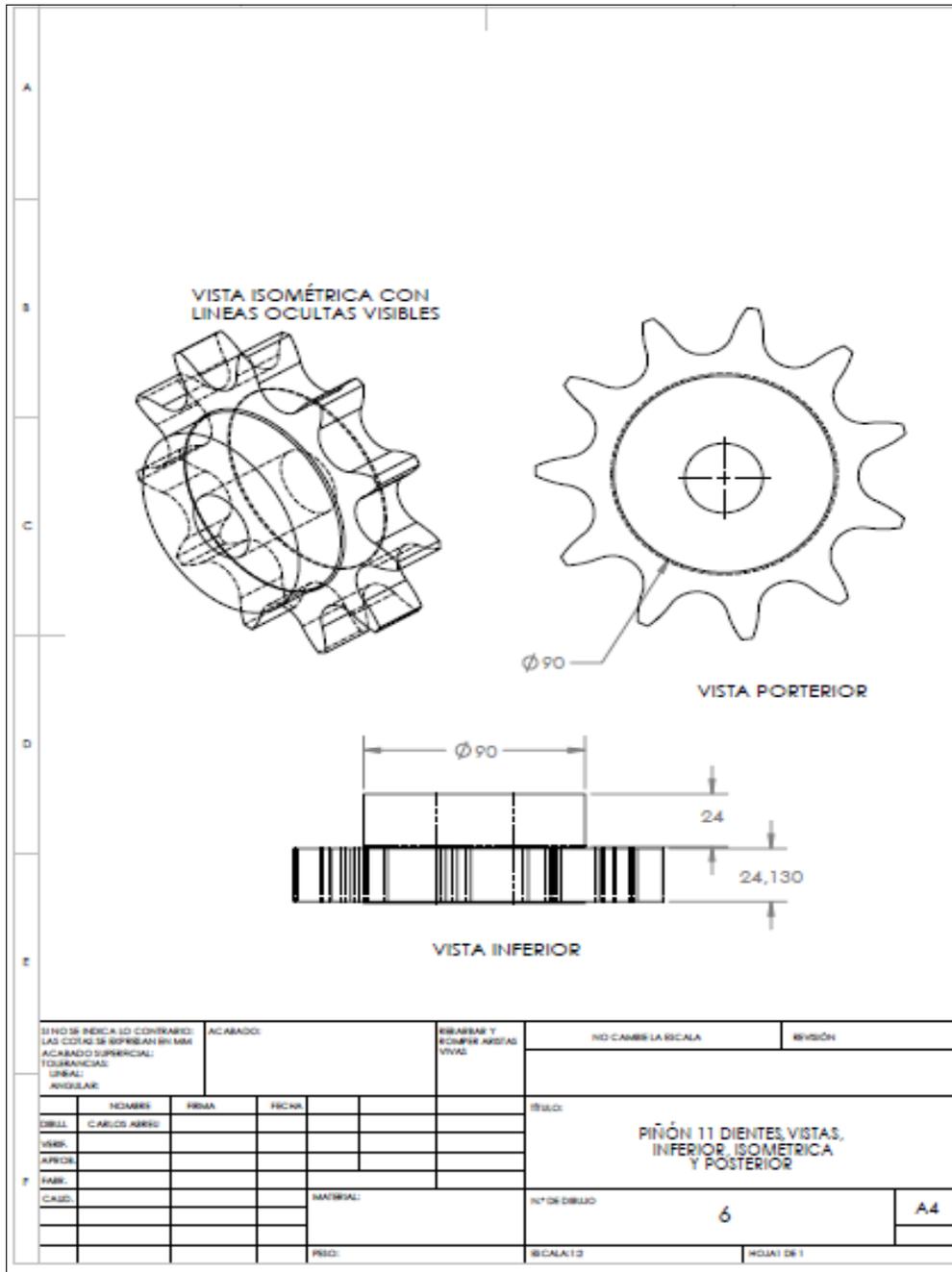
### Vista 3D Del Cantiléver

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE SOPRIMEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y RECORFER HERRAJES OTVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DISEÑO		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:  <h2 style="margin: 0;">Cantilever vista 3D</h2>	
DISEÑO		NOMBRE		FIRMA		FECHA			
VERIF.		NOMBRE		FIRMA		FECHA			
APROB.		NOMBRE		FIRMA		FECHA			
FABR.		NOMBRE		FIRMA		FECHA			
CALIF.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		MATERIAL:	
MATERIALES		NOMBRE		FIRMA		FECHA		N° DE DIBUJO	
MATERIALES		NOMBRE		FIRMA		FECHA		4	
MATERIALES		NOMBRE		FIRMA		FECHA		A4	
MATERIALES		NOMBRE		FIRMA		FECHA		ESCALA 1:10	
MATERIALES		NOMBRE		FIRMA		FECHA		HOLAS DE 1	

Vista Frontal Del Piñón De 11 Dientes Y 30.10 Mm De Paso.

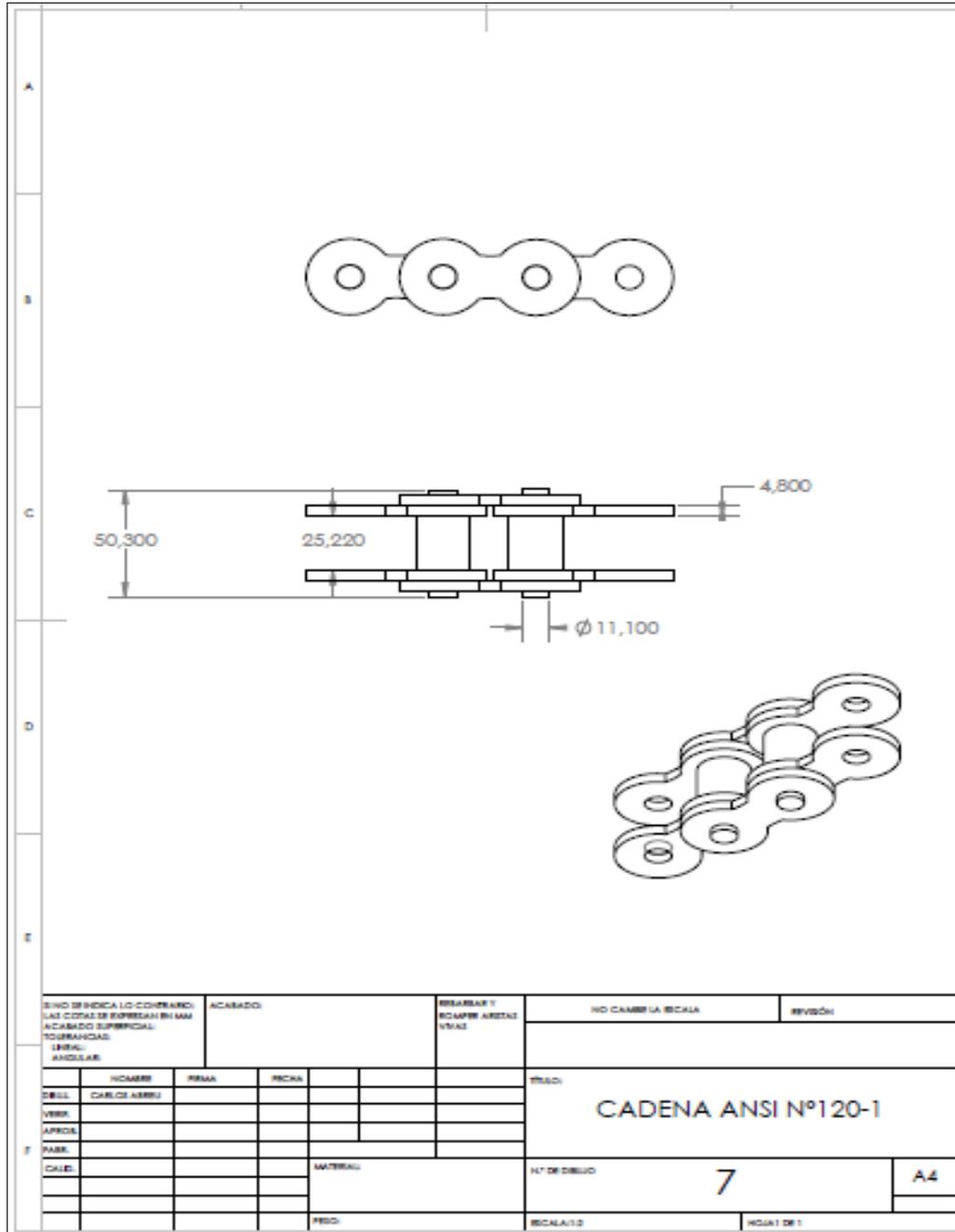


## Isometría Piñón 11 Dientes

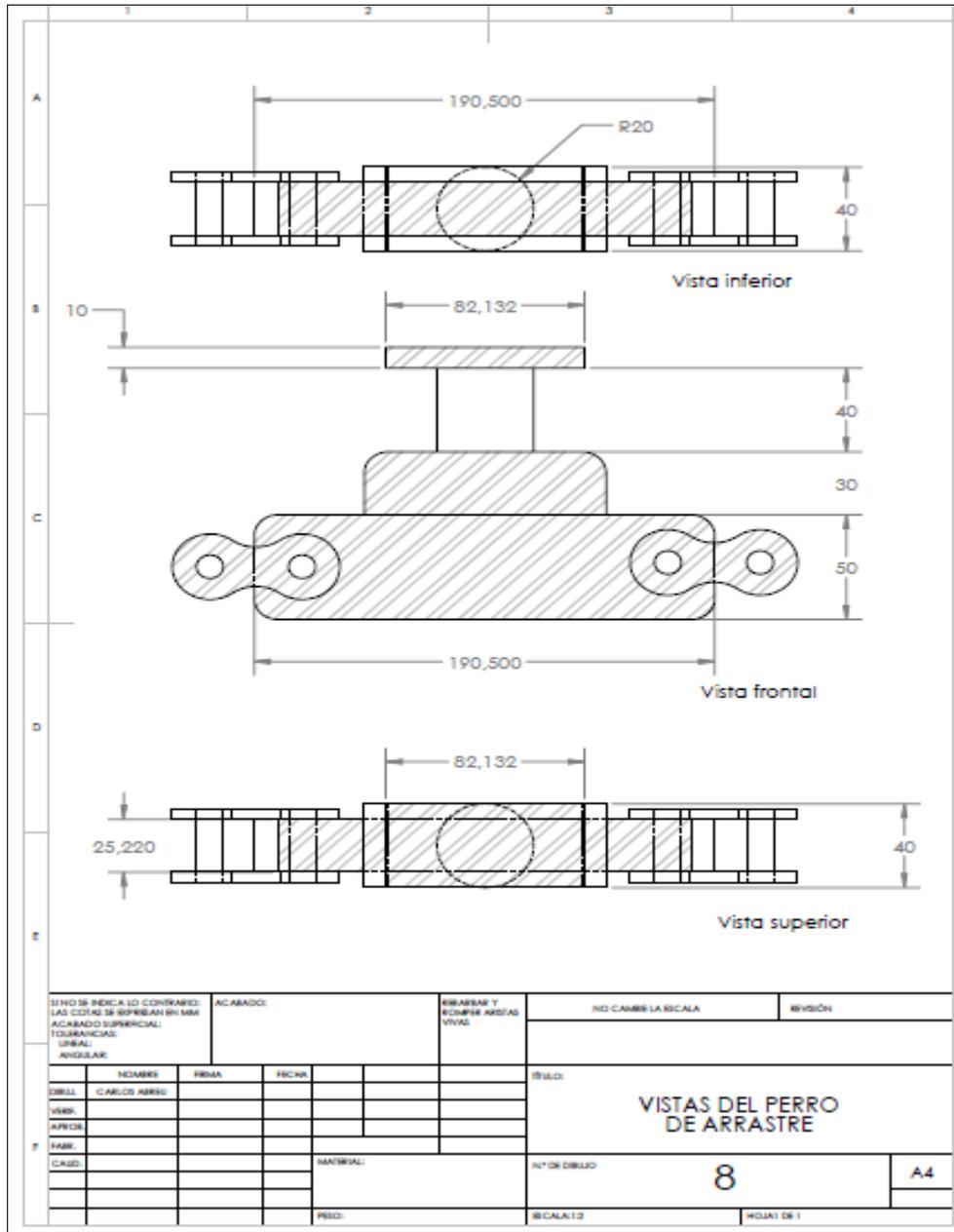


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE REFIEREN EN MM		ACABADO:		REBARBOS Y ESQUINAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:									
DISEÑO	NOMBRE	FECHA	FECHA			<b>PIÑÓN 11 DIENTES, VISTAS, INFERIOR, ISOMÉTRICA Y POSTERIOR</b>			
VERIF.	CARLOS ARELLANO								
APROB.									
FABR.									
CARGO:									
				MATERIAL:		Nº DE DIBUJO		A4	
				PRECIO:		6		HOJA 1 DE 1	

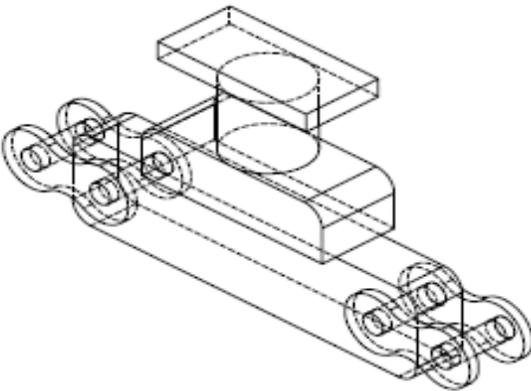
Cadena ANSI N° 120-1



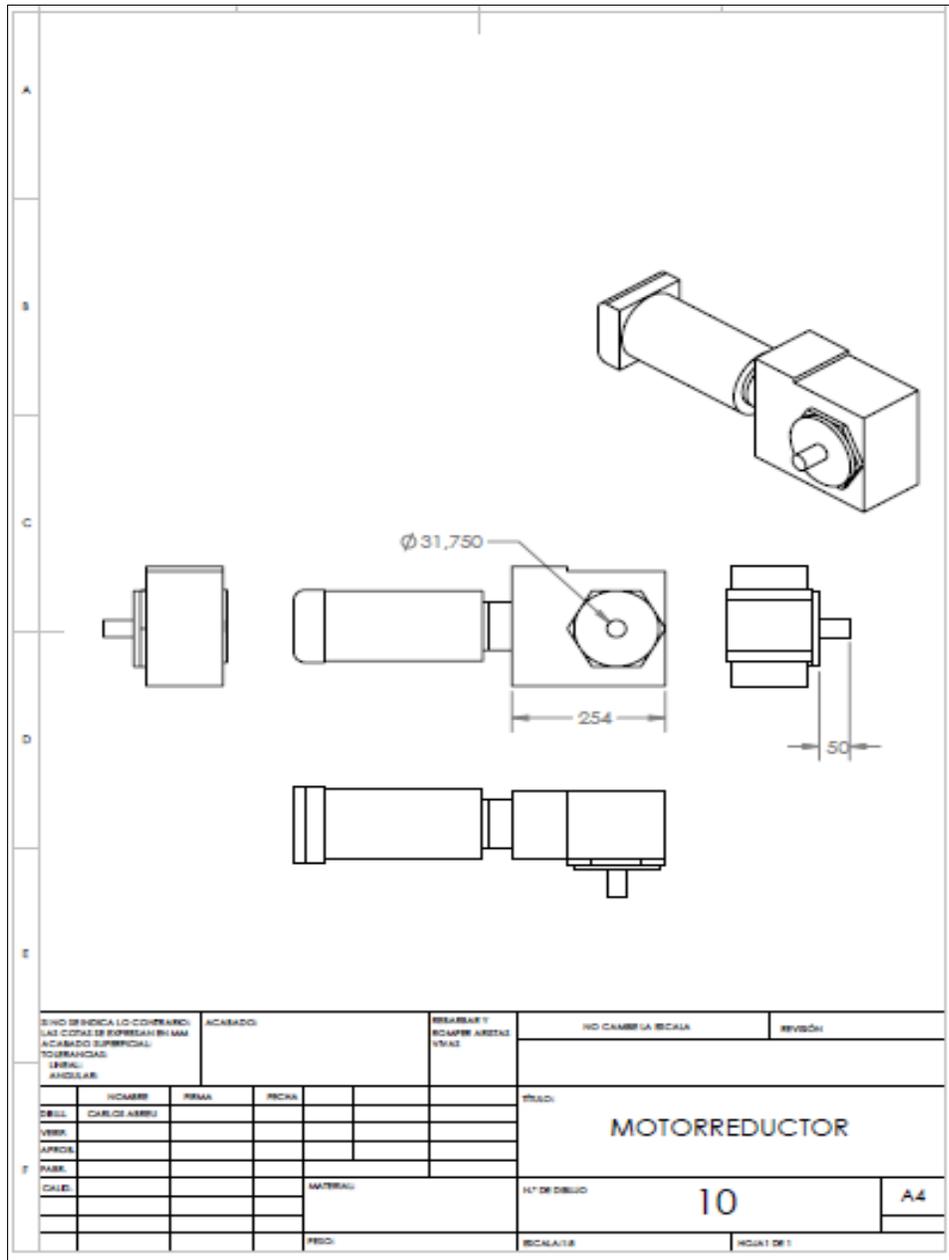
### Vistas Del Perro De Arrastre



### Vista Isométrica Del Perro de Arrastre

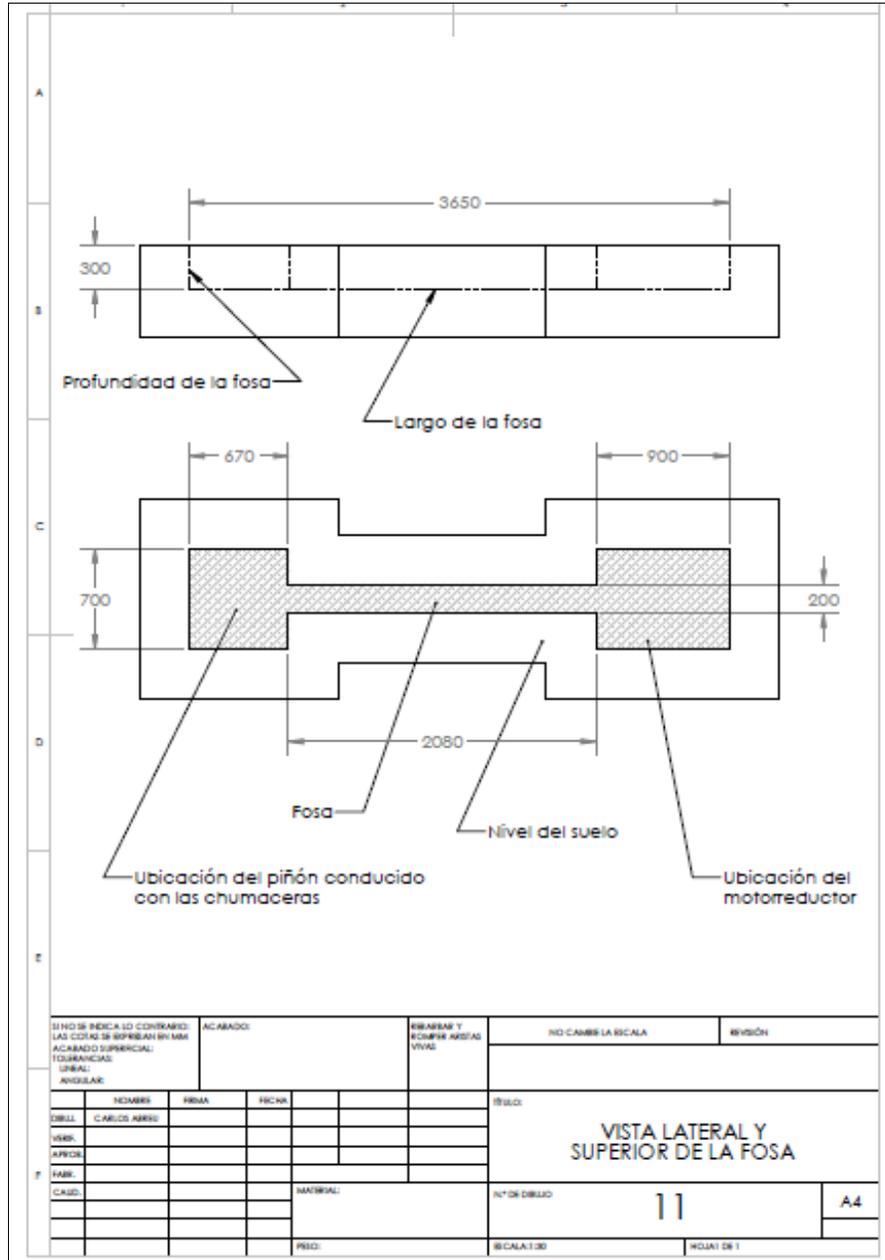
A						B
C						D
E						
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE REPRESENTAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: GENERAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y COMPLETAR ANCHOS Y VANG.	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	
DISEÑO	NOMBRE	PRIMA	SEGUNDA	TERCERA	TÍTULO:  <b>VISTA ISÓMETRICA DEL PERRO DE ARRASTRE</b>	
VERSIÓN	CARGOS ADICIONALES					
APROBADO						
FABR.						
CONSTR.						
				MATERIAL:	Nº DE DISEÑO	
				PROYECTO	ESCALA 1:2	
					HOJA 1 DE 1	
					9	
					A4	

# Motorreductor

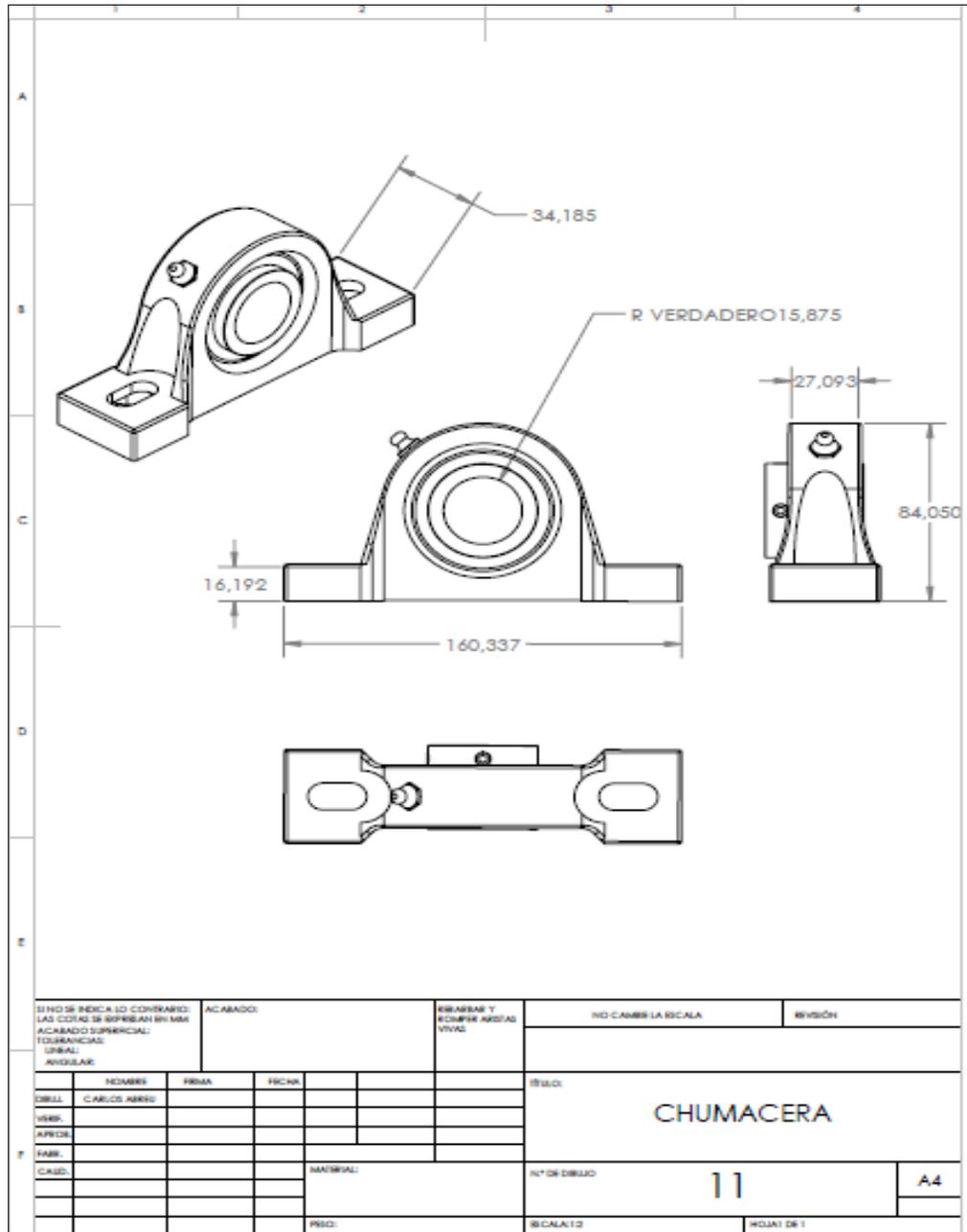


TIPO DE BOMBA LO CONTIENE: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBOS Y ESCAPES ANGULOS EN MIL		NO CAMBIA LA ESCALA		REVISION	
DISEÑO: _____ VERIFICADO: _____ APROBADO: _____ FASE: _____ CALIBRE: _____		NOMBRE: _____ CARGO: _____ FECHA: _____ MATERIAL: _____		ESCALA: _____ FECHA: _____		TÍTULO:  <b>MOTORREDUCTOR</b>		N° DE DIBUJO: <b>10</b> ESCALA: _____ HOJA 1 DE 1	
								A4	

Plano De La Fosa, Vista Lateral Y Superior

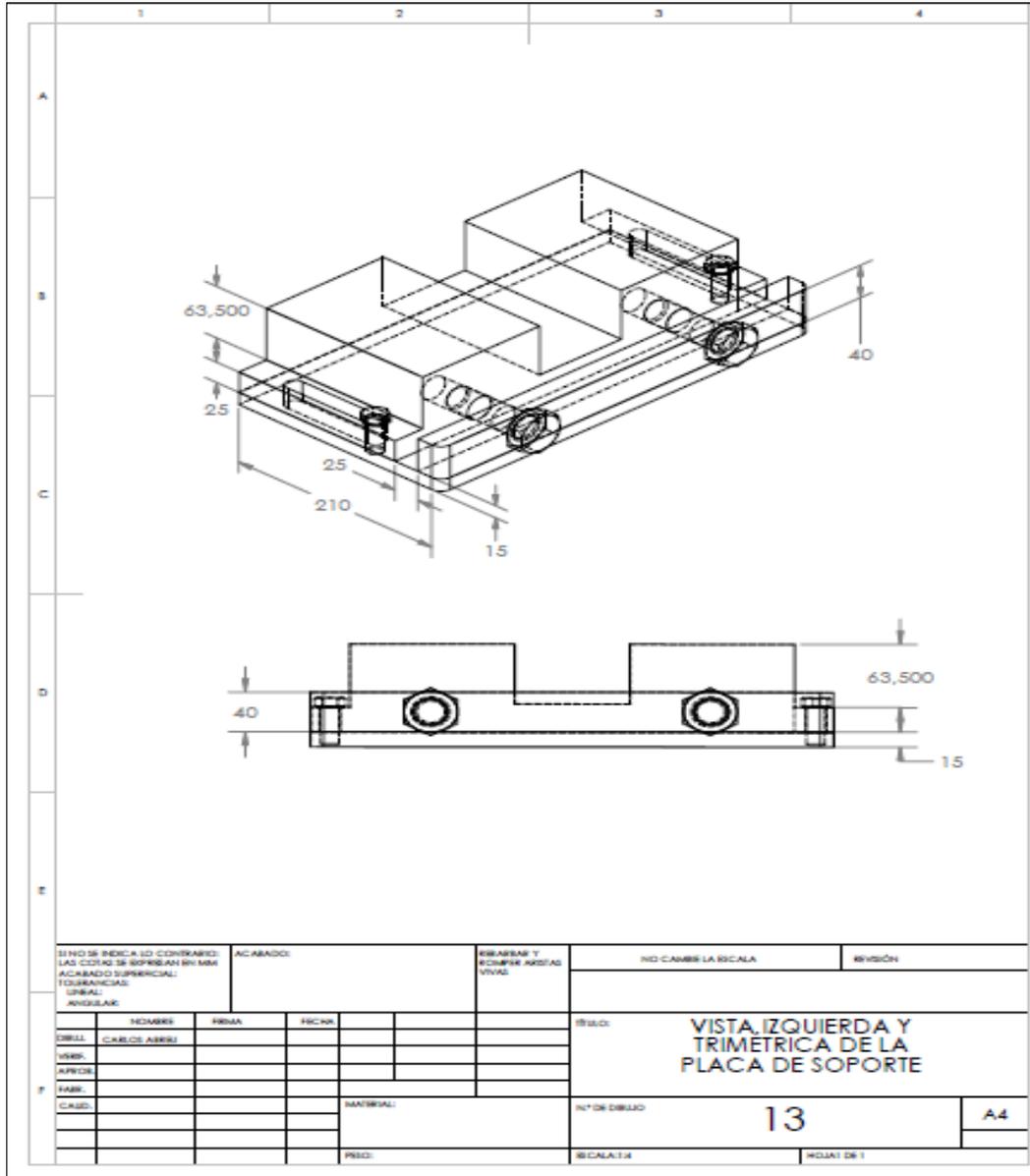


# Chumacera



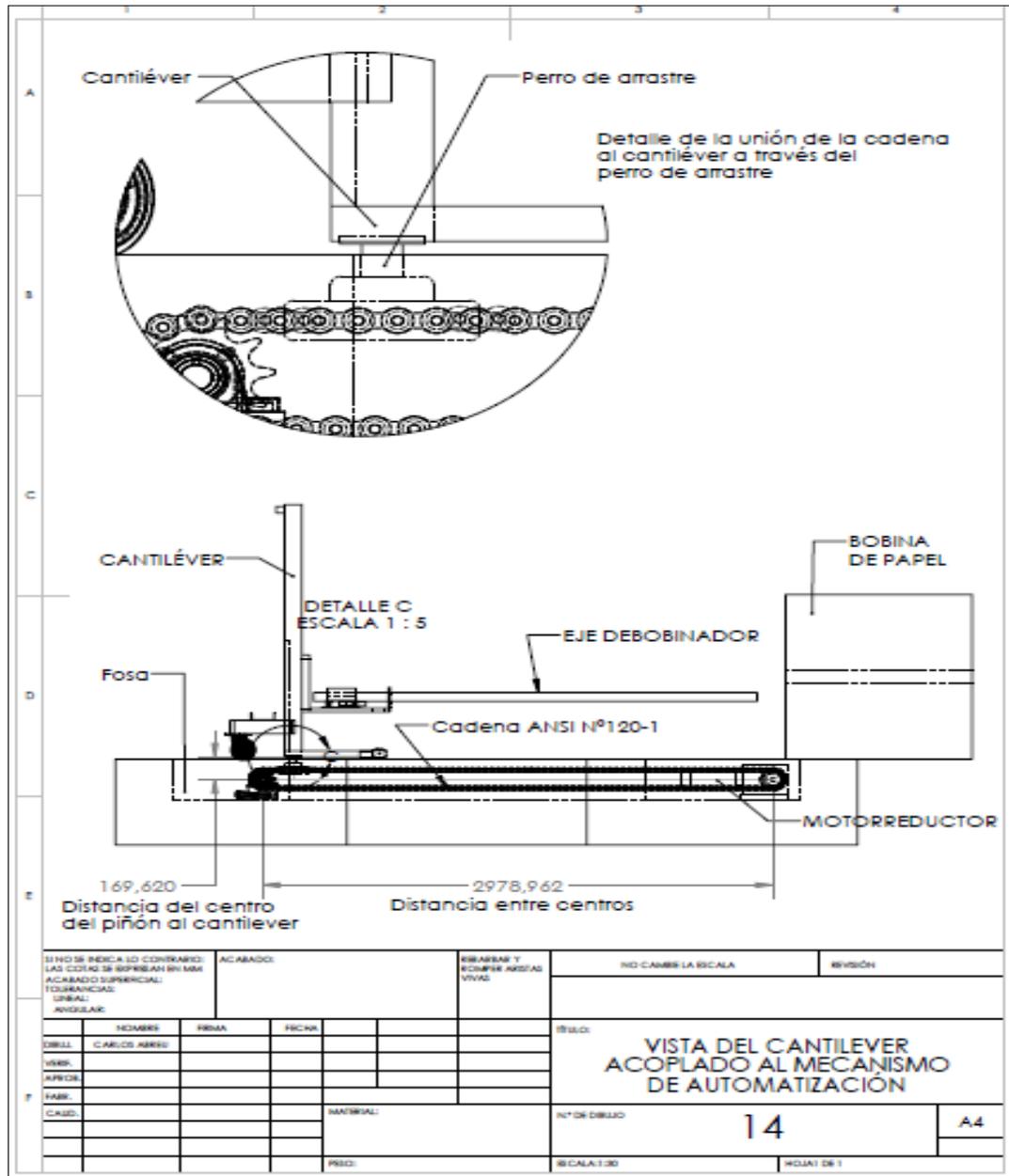


Vista Izquierda E Isométrica Del Soporte  
Para Chumaceras

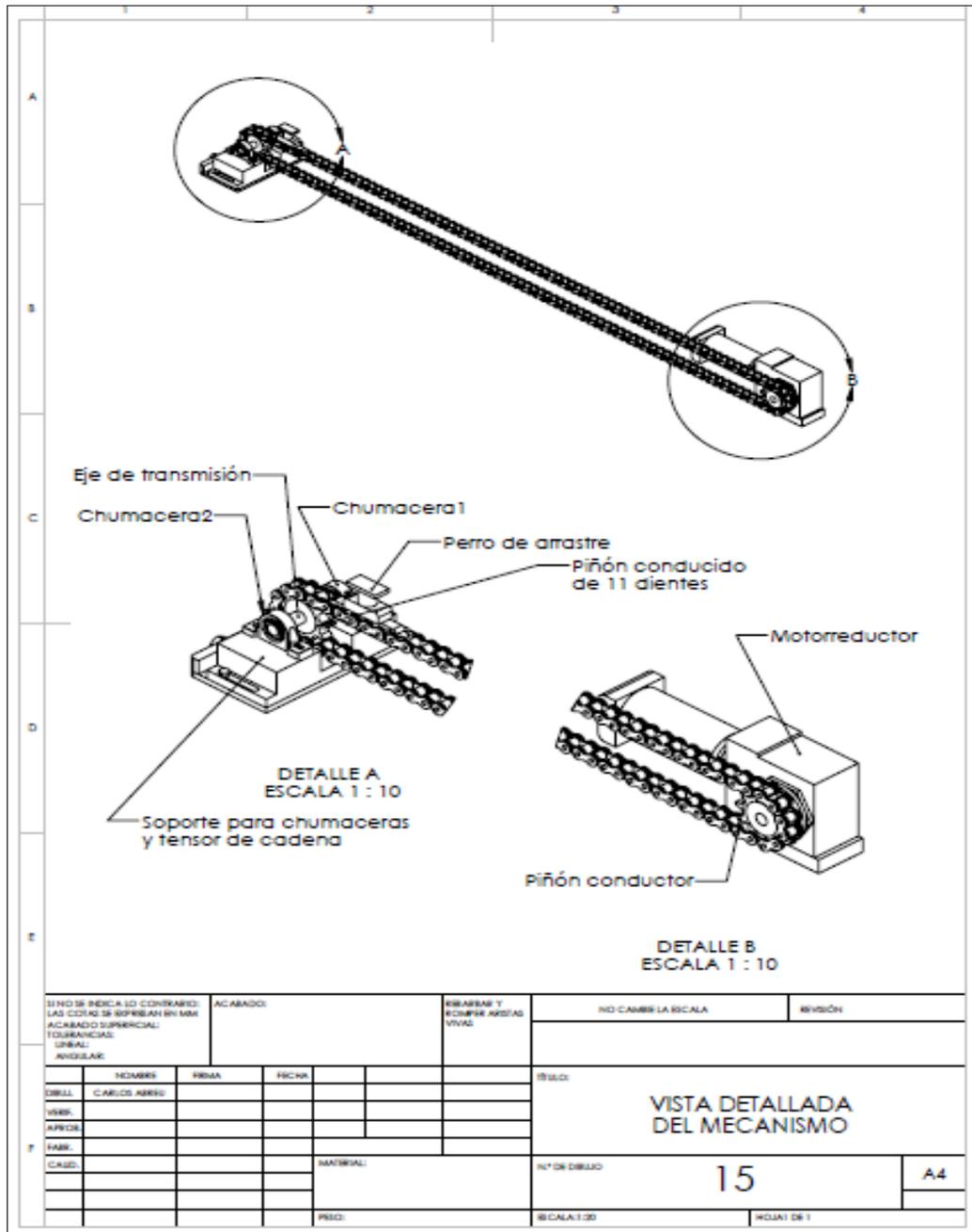


Nota: Este soporte también sirve de tensor para la cadena dada su movilidad.

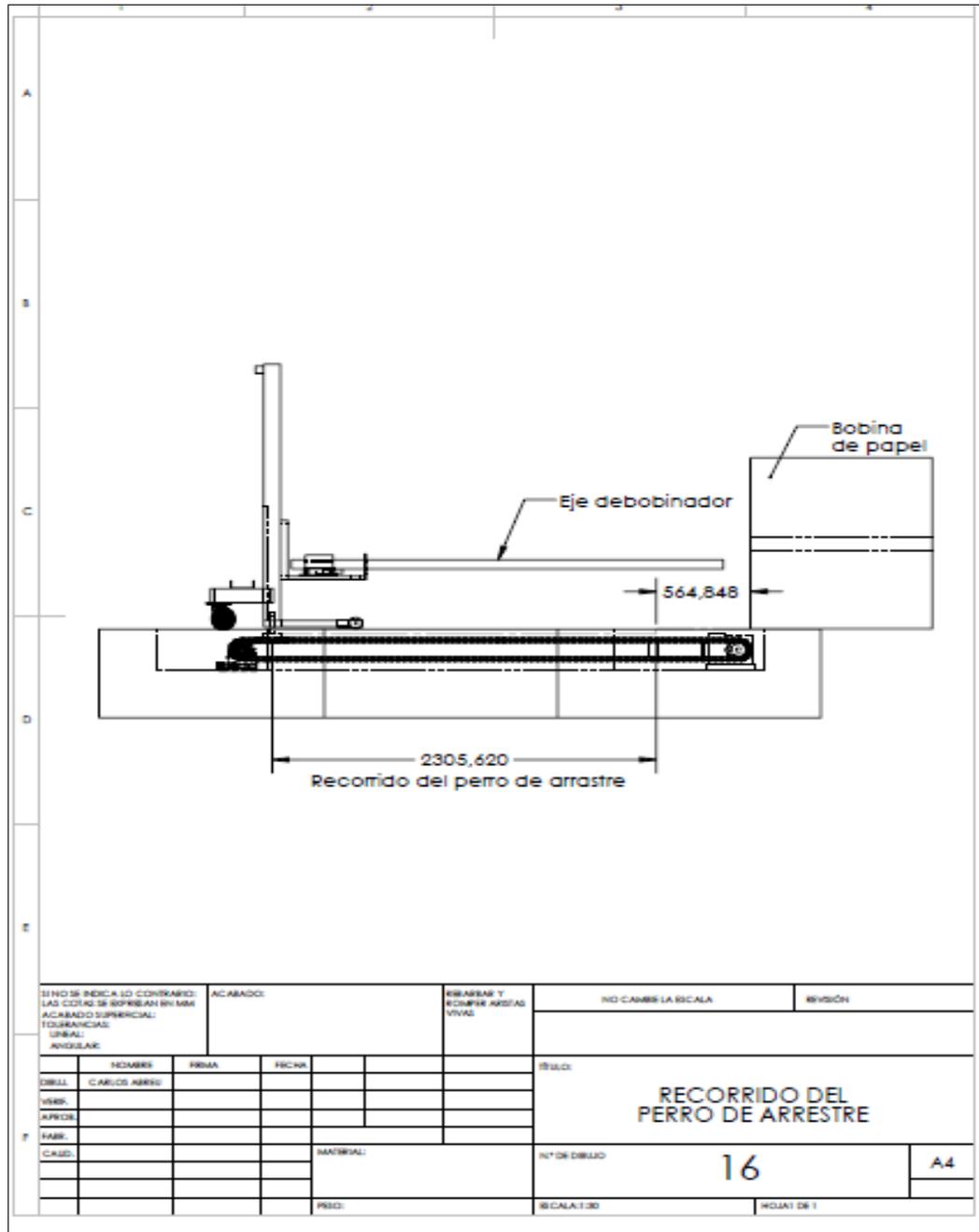
Plano De La Vista Lateral Del Mecanismo De Automatización



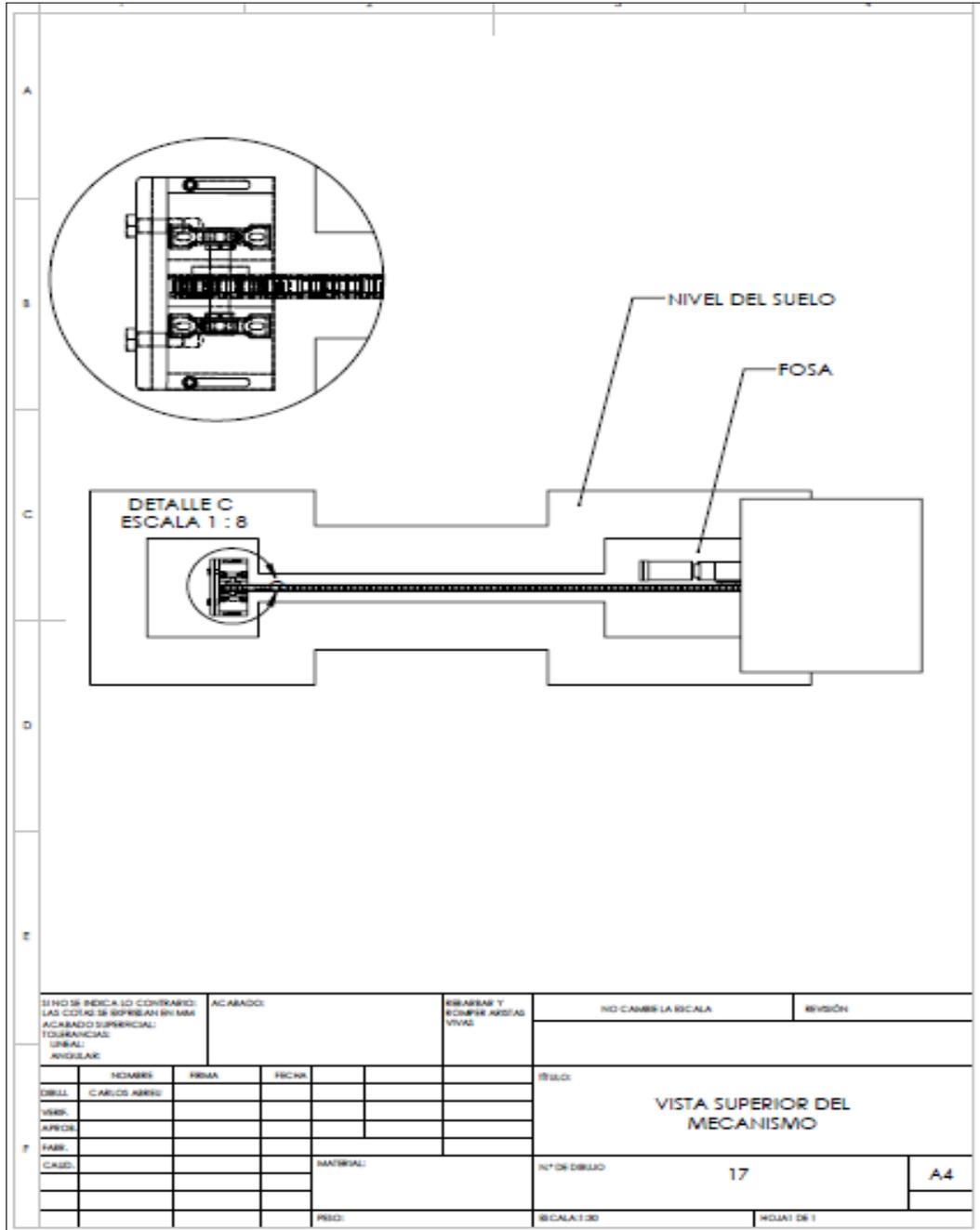
### Vista Detallada Del Mecanismo De Automatización



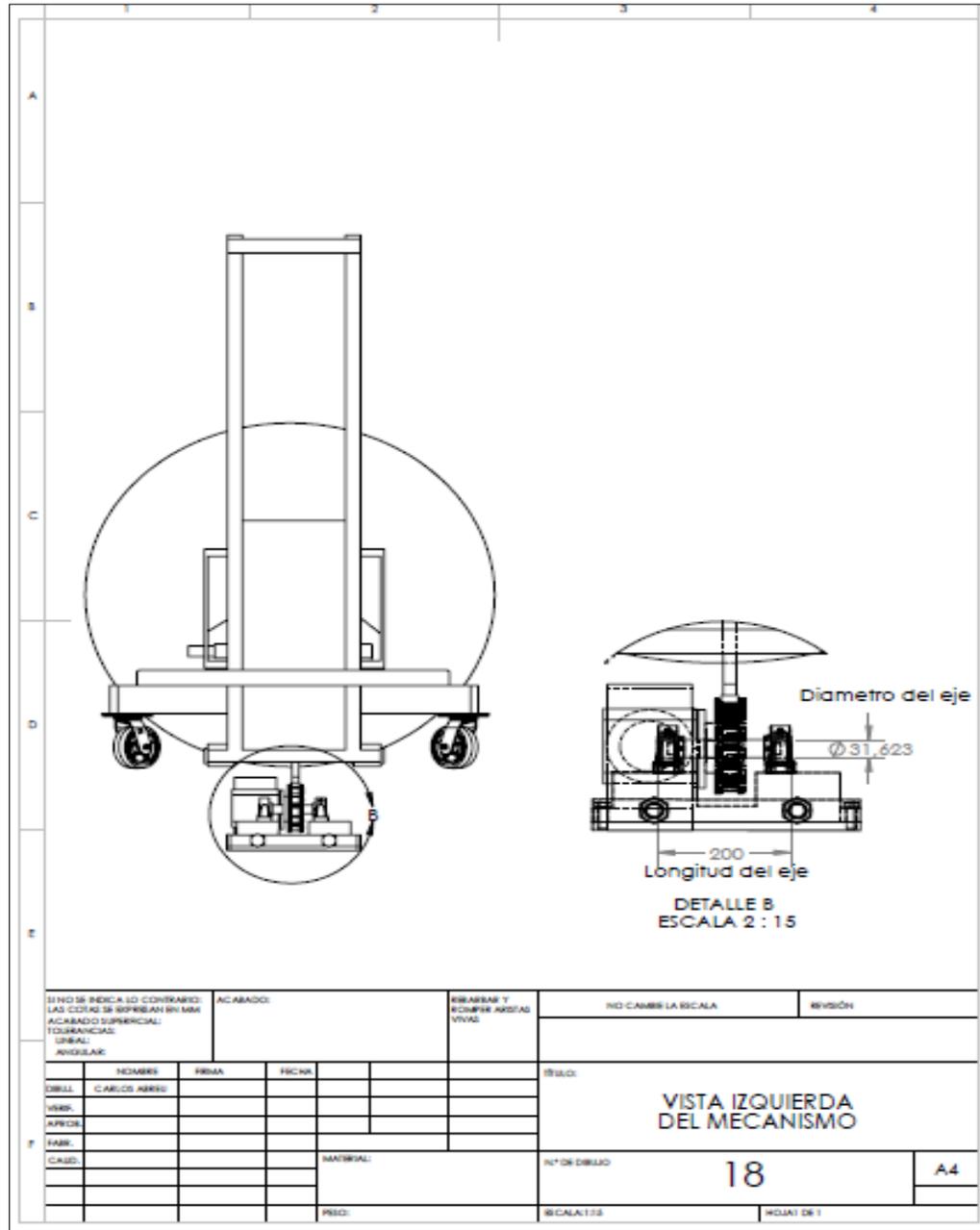
## Recorrido Del Perro De Arrastre



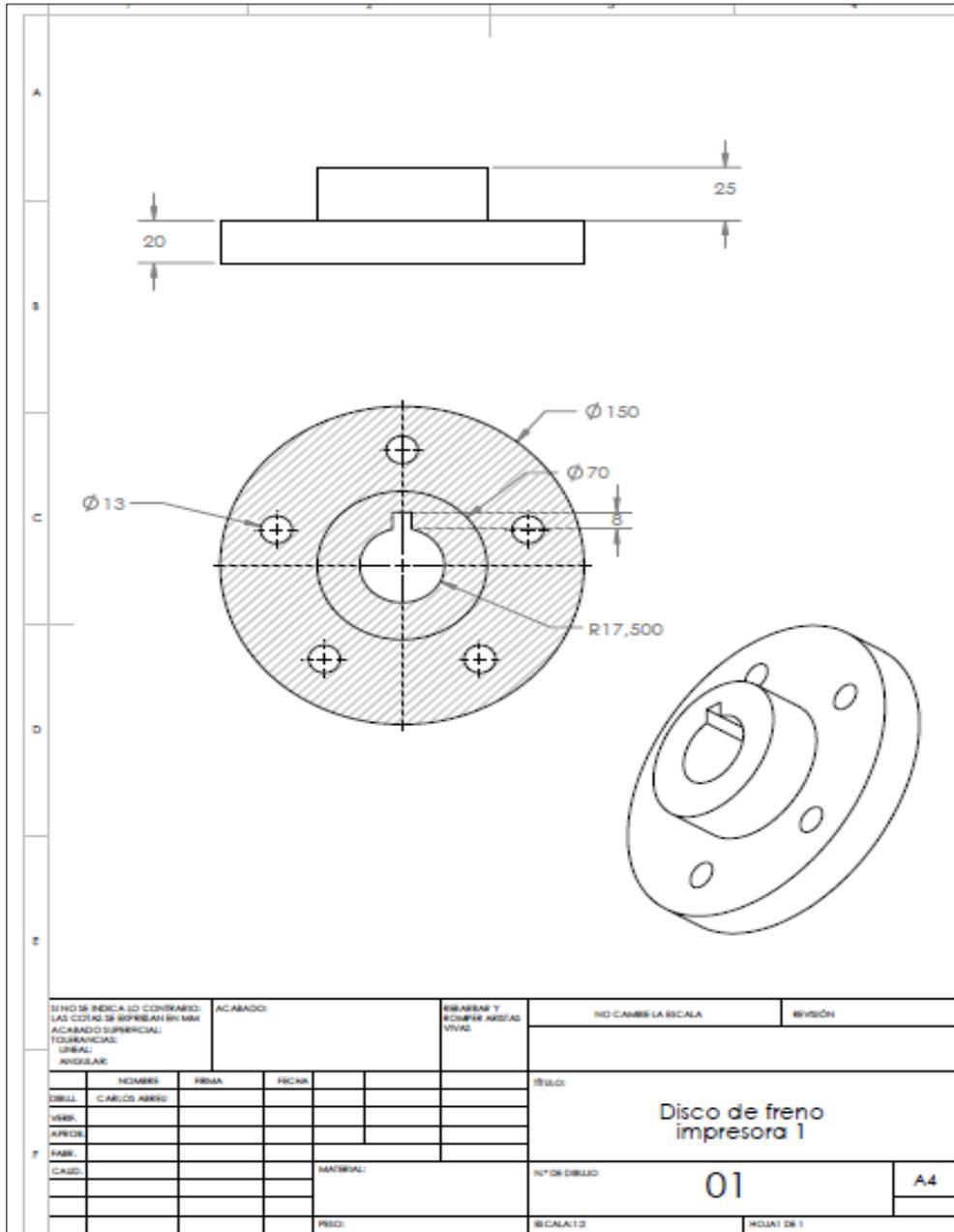
Vista superior del mecanismo de automatización



### Vista Izquierda Del Mecanismo



Dentro de las actividades fuera del proyecto se diseño la siguiente pieza que se fabricó y montó en la impresora uno.



## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES**

El diseño del mecanismo desarrollado durante este informe bien puede ser llamado un prototipo, para automatizar un proceso que actualmente se hace de forma manual; la modificación del cantiléver de manual a automático con el empleo de un mecanismo sencillo, muestra cómo se pueden cambiar las operaciones sin necesidad de recurrir a grandes inversiones. La mejora ergonómica del diseño es notable, debido a que de implementarse ya no se conducirá el cantiléver empleando la fuerza física sino que el motor hará el trabajo. Es importante destacar que no se trata de suplantar el trabajo del hombre por la máquina, sino de adecuar la máquina al hombre para un eficaz y eficiente desarrollo de las operaciones.

Cada paso ejecutado en la realización de este proyecto fue importante, para obtener los resultados finales lo primero fue la observación de la situación problemática y las operaciones, para dar un diagnóstico del sistema que diera paso a la determinación de los parámetros de diseño y posterior realización del mismo, dando cumplimiento con los objetivos específicos.

La realidad percibida en esta empresa es bastante buena, debido a que existe un armónico ambiente de trabajo, cumple con las normas de seguridad, y cuenta con una campaña de concientización y mejora de la calidad total, llamada buenas prácticas de fabricación (B.P.F). Toda organización está integrada por seres humanos y como tales tienen aciertos y errores, pero siempre y cuando cada integrante de la organización sienta

ese sentido de pertenencia hacia la misma, la calidad y el éxito serán los frutos recogidos a futuro.

El proceso de pasantías que se realizó en esta organización contribuyó en beneficio del aprendizaje académico y profesional; la diferencia entre el aula de clase y la realidad del trabajo es grande, esto se debe a un cambio de faceta en donde todos los conocimientos adquiridos en la universidad son en su mayoría teóricos, y durante la realización de la pasantía deben ponerse práctica para resolver la situación problemática. Como se sabe, en el país al ingeniero mecánico la mayoría de las veces le dan la tarea de mantenimiento industrial, porque existe muy poca inversión en el área de diseño y desarrollo tecnológico, en la cual encaja mejor el perfil de formación.

Fue grata la experiencia de mejorar un sistema, seleccionar componentes y diseñar con el programa *Solidworks*, ya que a nivel mundial dicho software es muy utilizado en el diseño de máquinas, lo cual ayudo de gran manera con el desarrollo de nuevos potenciales y destrezas. Proyectos como este incentivan la creatividad, motivan la investigación y el análisis, para aprender a dar solución a problemas ingenieriles en la realidad.

## **RECOMENDACIONES**

- Gracias a la vivencia dentro de la empresa es preciso decir que sería indicada la compra del software de *Solidworks* para instalarlo en los computadores de las oficinas de mantenimiento, ya que resulta más fácil y práctico su uso, comparado con *Autocad*. Los planos se realizan mucho más rápido, además de ello se puede crear la pieza en un

sólido de tres dimensiones para su posterior fabricación en el taller de máquinas y herramientas; para llevar a cabo esta tarea es necesario adecuar los computadores a los requerimientos exigidos por el programa, ya que en estos momentos no son aptos para su instalación.

- Debe aplicarse el proyecto del cantiléver desarrollado en este informe, debido a que aumenta la eficiencia, agiliza las operaciones y brinda la ergonomía adecuada para beneficio de los operarios.
- Debe crearse un stock de repuesto de las piezas de máquina que frecuentemente fallan, para bajar los tiempos promedio para reparar (TPR).
- Creación de una base de datos donde estén ubicados los archivos con su respectivo respaldo ya que esto aun se lleva en carpetas.

## REFERENCIAS

Ariza, M. (2008) **La revisión bibliográfica** [Documento en línea] Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos60/articulacion-saberes/articulacion-saberes2.shtml> [Consulta Octubre 20 de 2011]

Atondo, J. (2000) **Ergonomía** [Documento en línea] Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos/ergonomia/ergonomia.shtml> [Consulta Noviembre 9 de 2011]

Deutschma, A. y Walter J. (1987) **Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica**. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

Galeano, M. (2009) **Máquinas hidráulicas** [Documento en línea] Disponible: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/accesorioshidraulicos/aparatos/aparatos.html> [Consulta Octubre 25 de 2011]

Hall, A. y Holowenco, A. (1987) **Diseño de máquinas**. México: Schaum-McGraw Hill

Marcilla, I. (2007) **Tema 7 Cadenas** [Documento en línea] Disponible: [www.eet460rafaela.edu.ar/descarga/apunte/402](http://www.eet460rafaela.edu.ar/descarga/apunte/402) [consulta Diciembre, 7 de 2011]

Palacios, F. (2011) **Lista de cotejo** [Documento en línea] Disponible: [www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/LISTA\\_COTEJO.pdf](http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/LISTA_COTEJO.pdf) [Consulta Octubre 25 de 2011]

Penagos, J. (2009) **La lluvia de ideas** [Documento en línea] Disponible: <http://penagos.net/?p=176> [Consulta Noviembre 10 de 2011]

Sabino, C. (2002) **Entrevista no estructurada** [Documento en línea] Disponible: [http://www.franadasi.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67:la-entrevista-y-sus-implicaciones&catid=1:latest-news&Itemid=83](http://www.franadasi.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67:la-entrevista-y-sus-implicaciones&catid=1:latest-news&Itemid=83) [Consulta noviembre 8 de 2001]

Shigley, J. y Mitchell, L. (1985) **Diseño en Ingeniería Mecánica**. México: McGraw Hill

## ANEXOS

### ANEXO A

#### Fotos del cantiléver



Vista posterior



Vista diagonal

Fotos del cantiléver (cont.)

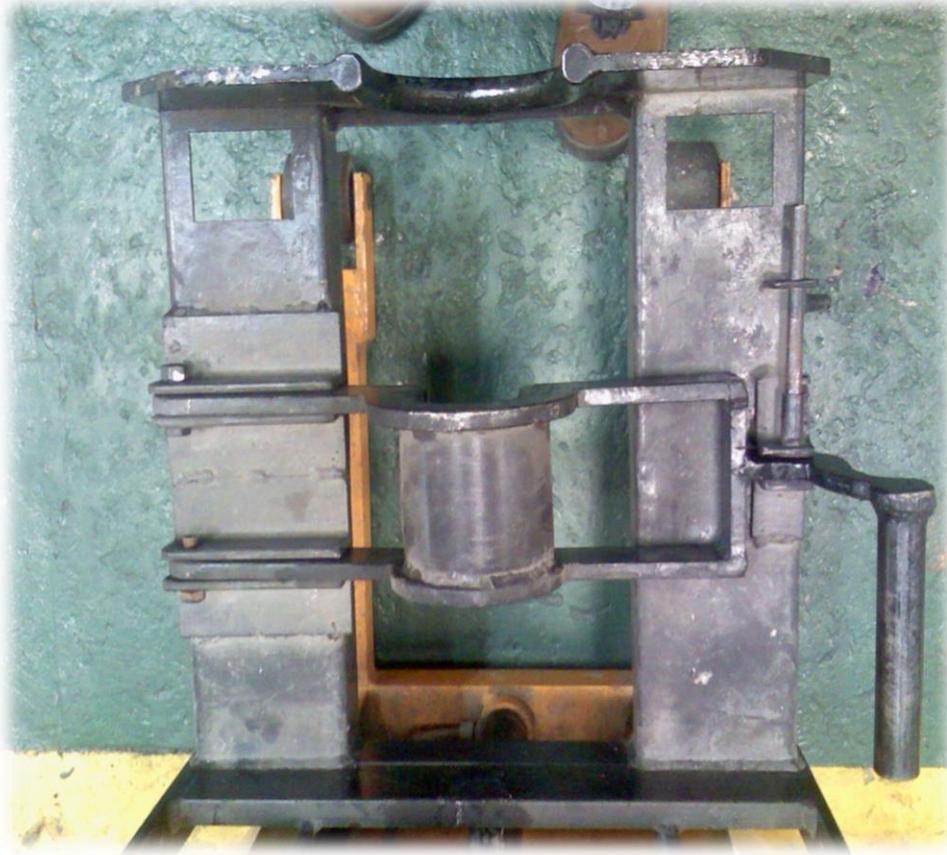


Vista lateral



Vista de la palanca

Fotos del cantiléver (cont.)



Vista superior de la placa de soporte para el eje debobinador

Foto del área de operación del cantiléver



**Fotografía de los ejes debobinadores**



Eje debobinador con el core



Vista de las bobinas con el eje debobinador

### Máquina tubuladora 4



Vista de los rodillos tinteros y porta clichés



Entrada de papel a la máquina tubuladora4

**Máquina tubuladora 4 y producto terminado**



Tubuladora cuatro (Pegando el saco)

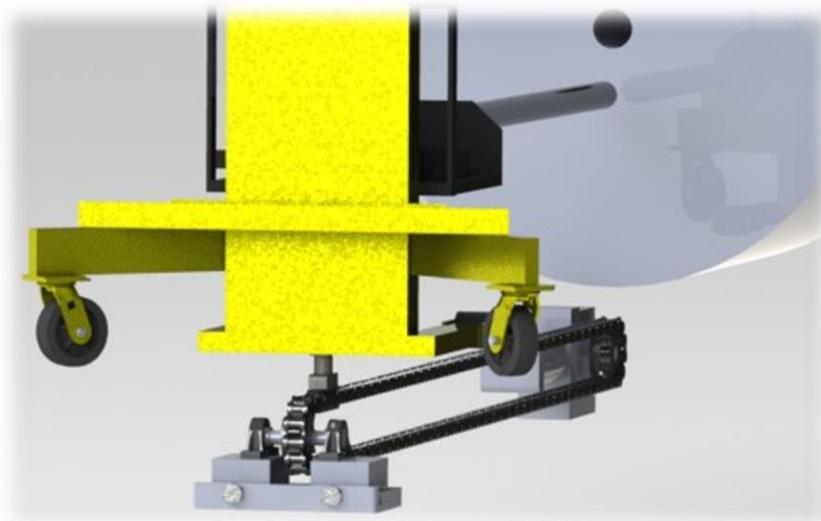
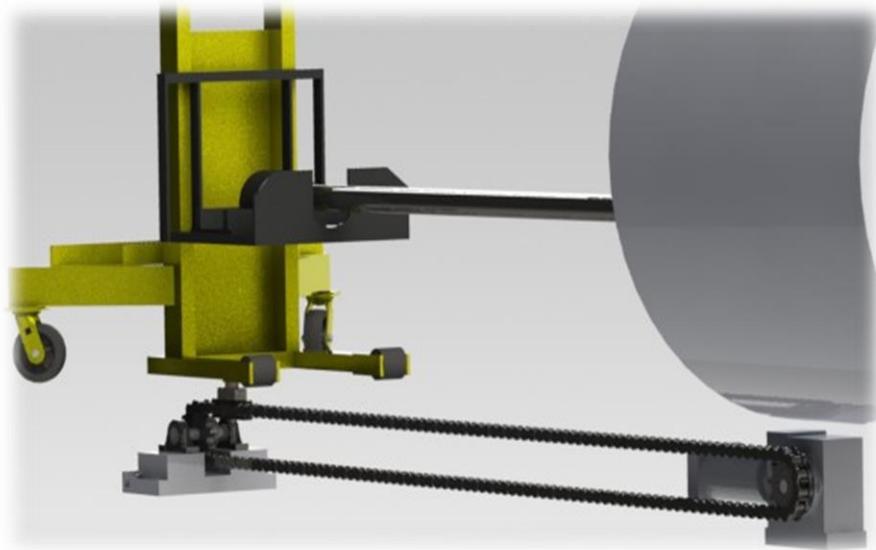


Sacos de papel terminados

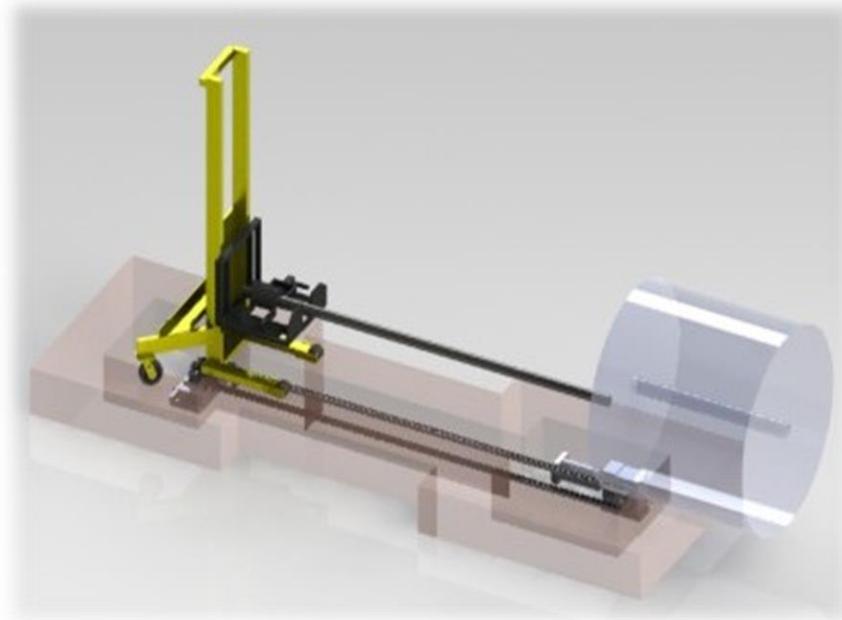
**Bobinas de papel**



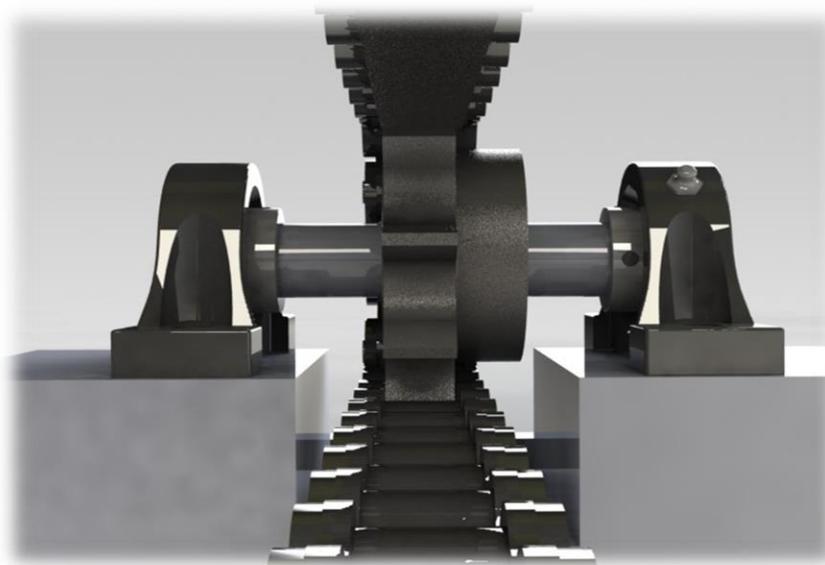
Imágenes del diseño hecho en solidworks



**Imágenes del diseño hecho en solidworks**  
(Cont.)



Vista completa del sistema



Vista de acercamiento del mecanismo

**Imágenes del diseño hecho en solidworks**

(Cont.)

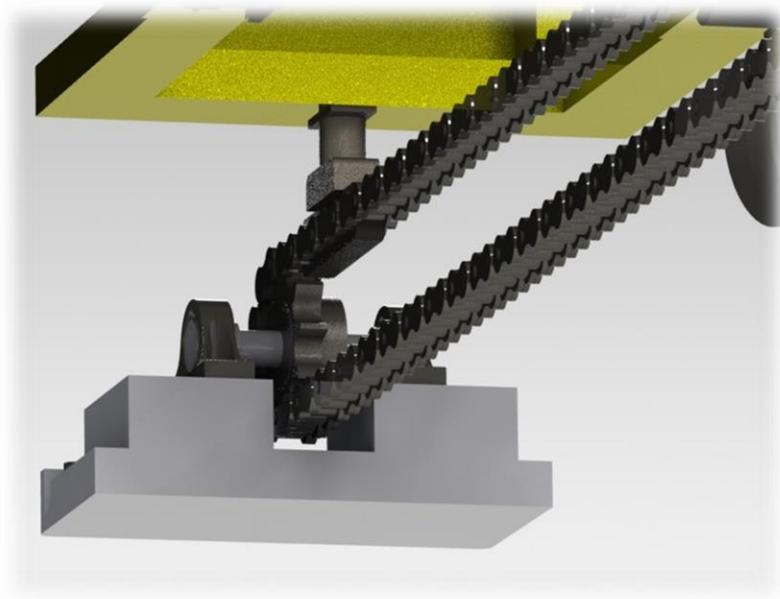


Imagen de acercamiento del acople del cantiléver con el perro de arrastre.

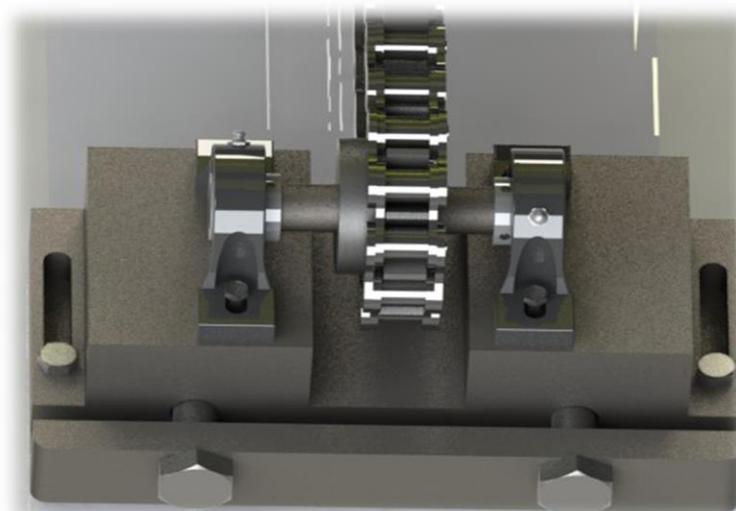
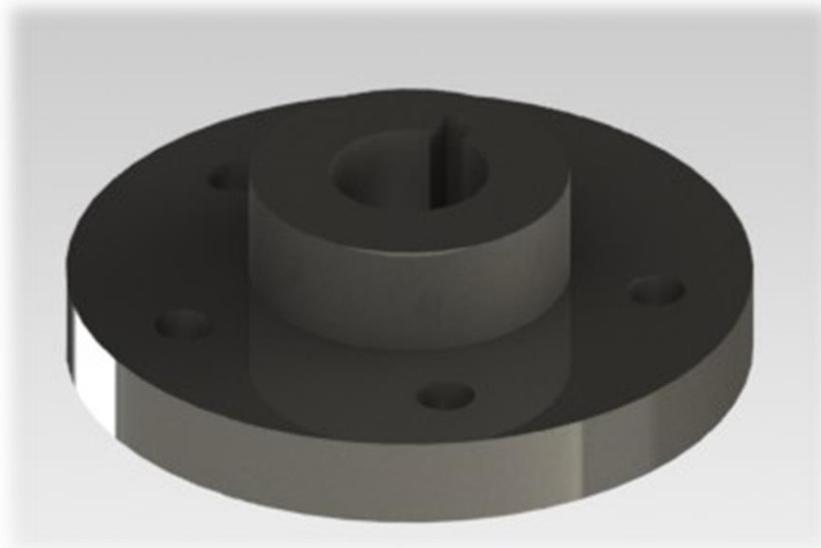


Imagen de la base de soporte para las chumaceras.

**Disco de freno de impresora 1, realizado dentro de las actividades fuera del proyecto.**



**Dinamómetro casero**



Resorte



Tubo PVC



Barra de acero



Dinamómetro