

Facultad de Ingeniería Mecánica

*Título: Soluciones tecnológicas para la
fabricación de la hormigonera Baryval.*

Autor: Willian Alexander Beltrán Rodríguez.

Tutores: Ms.C Rohary Padilla Rodríguez.

Dr. Rafael. A. Goytiso Espinosa.

Ing. Abdel Mendoza Fernández.



Cienfuegos, 2011.

AGRADECIMIENTOS

"A los que han apostado con su acción directa porque este, otro de mis sueños se hiciera realidad."

DEDICATORIA

*"A todos los que con su empeño luchan cada día porque
un mundo mejor sea posible."*

RESUMEN

El siguiente trabajo de diploma fue realizado en la Empresa de Soluciones Mecánicas Cienfuegos (SOMECE). Entre otras funciones esta tiene la misión de ensamblar hormigoneras compradas a la firma española BARYVAL para suplir las necesidades del ministerio de la construcción de nuestro país. Debido al alto costo que tienen en el mercado internacional, surge la idea de comenzar un rediseño que permita fabricarlas dentro de la misma empresa. Lo antes planteado permite valorar la posibilidad de construir la mayor parte de la concretera, por lo que se nos da la tarea de la creación de dispositivos que permitan el ensamblaje de forma rápida y precisa de los apoyos de la cuba y la elección de una metodología de soldadura que garantice la resistencia en el empate del bastidor, partiendo de todas las reacciones sobre este. En dicho proyecto también se realiza un minucioso análisis económico para saber si es factible o no la producción de las hormigoneras en el país. El desarrollo de estas soluciones de diseño y constructivas permitirá desarrollar partes de la hormigonera cubana capaz de satisfacer a los clientes de la empresa.

Palabras Claves: apoyos, conformadas, ensamblar, hormigoneras

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA HORMIGONERA.....	3
1.1 Introducción al Capítulo.	3
1.2 Camión Hormigonera.....	3
1.2.1 Hormigonera.	3
1.2.2 Conceptos básicos del camión hormigonera.....	4
1.2.3 Sistema de mandos.	4
1.3 Productos Baryval.	5
1.4 Características de la hormigonera Baryval importada por Cuba.	8
1.4.1 Características técnicas.	8
1.4.2 Puesta en servicio.	9
1.4.3 Puesta en marcha.....	9
1.4.4 Partes fundamentales.	10
1.5 Trabajo realizado en SOMEK.....	11
1.6 Conclusiones parciales.	12
CAPÍTULO II: DISEÑO DE DISPOSITIVOS PARA EL ENSAMBLAJE DE LOS APOYOS Y DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CHASIS DE LA HORMIGONERA.	13
2.1 Introducción.....	13
2.2 Material a utilizar.	14

2.3 Descripción del dispositivo para el apoyo delantero.	14
2.3.1 Pasos para el ensamblaje:	15
2.4 Descripción del dispositivo para el apoyo trasero.	16
2.4.1 Pasos para el ensamblaje:	17
2.5 Determinación de la resistencia del chasis de la concreteira adaptándolo a las condiciones cubanas.	18
2.5.1 Necesidad del empleo de un esquema de análisis complejo durante el diseño y cálculo del chasis de la concreteira.	18
2.5.2 Determinación de las condiciones de apoyo del chasis.	20
2.6 Diseño y cálculo de las uniones soldadas de refuerzo del chasis.	35
2.6.1 Concepto de Unión Soldada Mixta.	35
2.6.2 Características de la Unión Soldada Mixta a calcular.	36
2.6.3 Cálculo de las fuerzas internas en los diferentes elemento de la Unión Soldada Mixta analizada.	37
2.6.4 Cálculo de las tensiones en los componentes de la unión a tope de la viga canal.	40
2.6.5 Cálculo de las tensiones que surgen en los cordones de las láminas de refuerzo laterales.	41
2.6.6 Cálculo del factor de seguridad de las tensiones en la soldadura de las láminas de refuerzo laterales se determina por la siguiente ecuación considerando el efecto dinámico.	44
2.7 Conclusiones parciales	46

CAPÍTULO III: ANÁLISIS ECONÓMICO.	47
3.1- Determinación del costo de fabricación.	47
3.2 Componentes del Costo de Fabricación.....	47
3.2.1 Gastos en Materiales.....	48
3.2.2 Gastos en Salarios.....	49
3.2.3 Costos generados por la amortización de equipos.....	50
3.2.4 Costos generados por el consumo de energía eléctrica.....	51
3.2.5 Total de Gastos Directos.....	53
3.2.6 Total de Gastos indirectos.....	53
3.3 Costo de fabricación total.	54
3.4 Conclusiones parciales	54
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES.....	56
ANEXOS 1: DATOS DE LA HORMIGONERA.....	58
ANEXOS 2: TABLAS.	62
ANEXO 3: PLANOS DE PIEZAS.....	63

Introducción

Empresa de Soluciones Mecánicas de Cienfuegos (SOMECE), con personalidad jurídica independiente y patrimonio propio, con domicilio legal en Avenida Bolívar, Km 1 ½ Zona Industrial No. 2 Cienfuegos, es una entidad integrada al Grupo Empresarial de Equipos y Soluciones Mecánicas. Se subordina al Ministerio de la Construcción, creada a partir de las Unidades Empresariales de Base: Planta 5 de Septiembre y Base de Reparaciones de Equipos y Agregados (BREAC), perteneciente a la Empresa de Soluciones Mecánicas de Villa Clara, lo que se acredita a través de la Resolución 374 del 15 de abril del año 2003.

Este centro tiene la tarea de rediseñar las hormigoneras antes compradas a la firma española BARYVAL, con el propósito de producirlas en la misma empresa y así sustituir importaciones. Pero para lograr esto se hace necesaria la fabricación de todos los elementos, siendo este el principal objetivo que lleva ahora la empresa. La hormigonera va situada en la parte trasera de los camiones; está formada por una cuba de forma cónica o bombo giratorio soportado por el bastidor y va montada sobre un eje inclinado, de forma que pueda girar; en esta es donde se coloca el hormigón. El hormigón siempre debe de estar en movimiento para así retrasar su fraguado, es por ello que la función de este camión es mantener esta cuba en movimiento a través de un motor auxiliar, para así poder lograr una homogeneidad en la mezcla.

La **situación problemática** que se presenta es la fabricación de dispositivos de ensamble, así como, el diseño adaptado a las condiciones de dicha entidad para la construcción del bastidor mediante la unión por soldadura de dos vigas canales para lo cual no existe una documentación técnica de cálculo definida en la entidad. En el presente trabajo se formuló entonces la siguiente **hipótesis**:

Con la realización de estos dispositivos y la construcción del bastidor es posible garantizar con éxito un ensamblaje de precisión adecuada y resistencia mecánica del conjunto, para que no existan problemas o desperfectos a la hora de su montaje y funcionamiento.

Como **objetivo general** de la investigación se planteó: Realizar el diseño de los dispositivos para el ensamble de los apoyos de la cuba y lograr la unión de las vigas del bastidor, en el punto y de la forma más adecuada.

Para lograr este objetivo general se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

- Realizar una profunda revisión bibliográfica relacionada con la concretera BARYVAL.
- Elaborar los planos de todas las piezas del conjunto.
- Diseñar mediante el software Inventor de las piezas y partes que conforman los soportes de la hormigonera.
- Calcular las reacciones de los apoyos y el bastidor.
- Evaluar económicamente los beneficios de la producción de hormigoneras para la empresa.

Capítulo I Generalidades de la hormigonera

1.1 Introducción al Capítulo

En este capítulo se realizará una revisión bibliográfica sobre el camión hormigonera, que no puede verse separado del camión, ya que su principio de funcionamiento no es posible si no están hermanados (ARKHYS).

1.2 Camión Hormigonera

1.2.1 Hormigonera

Es un aparato o máquina empleada para la elaboración del hormigón o concreto. Su principal función es la de suplantar el amasado manual de los diferentes elementos que componen el hormigón: cemento, áridos y agua. Los áridos empleados en la elaboración del hormigón suelen ser gruesos y de elevado peso, por lo que la mecanización de este proceso supone una gran descarga de trabajo en la construcción.

Según los tipos de hormigonera estas pueden ser:

Fijas (o semifijas). Suelen colocarse de forma permanente o semipermanente en el lugar donde se va a construir o en un punto desde donde servir a diversas obras en un tiempo no crítico para el fraguado de la masa de hormigón.

Móviles o portátiles. Son aquellas dotadas de ruedas y que se transportan al lugar donde va a elaborarse el hormigón. Dentro de este tipo podemos destacar los *Camiones hormigonera*.



Figura 1.1 Camión hormigonera.

1.2.2 Conceptos básicos del camión hormigonera

Se considera al camión hormigonera como el encargado de transportar el hormigón; está formado por una cuba de forma cónica o bombo giratorio soportado por el bastidor que va montada sobre un eje inclinado, de forma que pueda girar; en esta es donde se coloca el hormigón. El hormigón siempre debe de estar en movimiento para así retrasar su fraguado, es por ello que la función de este camión es mantener esta cuba en movimiento a través de un motor auxiliar para así poder lograr una homogeneidad en la mezcla. En el interior de la cuba se pueden observar unas palas que están soldadas a las paredes de esta.

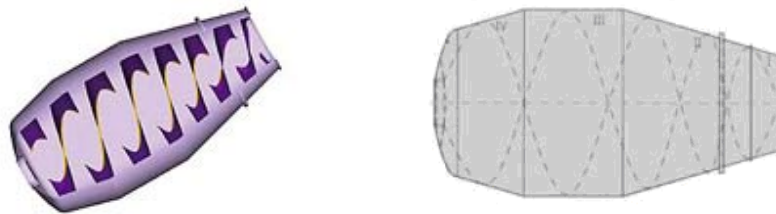


Figura 1.2 Cubas de mezclado

Las palas permiten mezclar perfectamente el hormigón mientras que la cuba realiza su giro. Para expulsar el hormigón por la abertura del extremo opuesto a la cabina lo único que se debe hacer es poner a la cuba a girar en sentido contrario.

1.2.3 Sistema de mandos

El sistema de mando normalmente utilizado se encuentra en la parte posterior del bastidor de la hormigonera y se pueden distinguir tres partes principales:

Palanca: permite determinar el sentido de rotación de la cuba.

Acelerador: permite graduar la velocidad de rotación del vehículo transportador.

Dispositivo de bloqueo de las palancas: es importante tener en cuenta que no todos los camiones de hormigonera poseen este dispositivo. La cuba trabaja fácilmente, solo se debe llenar con el cemento, con los áridos y el agua, y desde ese momento esta va mezclando el contenido. La descarga se encuentra instalada en la parte trasera baja de

Capítulo I: Generalidades de la hormigonera.

la cuba, constituida por una canaleta orientada en 180° de giro y con una inclinación que se ajusta mediante un sistema mecánico manual o hidráulico.

Existen diferentes formas de accionar la cuba como son:

Por transmisión mecánica: a partir de una toma de fuerza, sea en la caja de cambios del motor del equipo o en el extremo delantero del camión.

Mediante un motor auxiliar, habitualmente diesel, con transmisión mecánica o hidráulica.

Por transmisión hidráulica: se realiza a partir de una toma de fuerza conectada al cigüeñal que acciona una bomba hidráulica de pistones y caudal variable.

Al finalizar la descarga se debe de limpiar la cuba, para esto el camión hormigón posee un depósito de agua. Esta sale por una manguera a presión y limpia la cuba automáticamente. Es importante tener en cuenta muchas normas de seguridad tanto en la hormigonera como en el camión. Un ejemplo de estas normas es que la hormigonera no debe tener partes salientes que puedan herir o golpear a los operarios, no se puede subir a la cuba de la hormigonera, etc. Teniendo en cuenta las normas del camión este debe poseer frenos hidráulicos con doble circuito independiente tanto para el eje trasero como delantero, los elementos para subir o bajar deben ser antideslizantes. Las cabinas deben ser de una muy buena resistencia para que ofrezcan una protección adecuada al conductor contra la caída de objetos, al igual que deben tener un sistema de ventilación y calefacción.

1.3 Productos Baryval

En su stand tiene expuestas 3 máquinas: 1 Nueva Hormigonera BARYVAL AMB de 8 m³ aligerada con los últimos avances tecnológicos y las últimas novedades en desarrollo, 1 Cisterna de 38 m³ y un nuevo modelo de semi-remolque hormigonera también aligerado (BARYVAL, 2009), (ver anexo 1).

Una de las últimas novedades de SERVIPLEM, S.A. – BARYVAL es el desarrollo completo de la nueva gama de hormigoneras modelo AMB con capacidades de 6 a 10

Capítulo I: Generalidades de la hormigonera.

m³. Estos nuevos equipos están fabricados con acero superior DOMEX (DX) de alta resistencia al desgaste y de alto límite elástico de 4 mm de espesor.

Características y ventajas principales de las hormigoneras AMB:

- Equipo robusto
- Mayor capacidad de carga
- Centro de gravedad más bajo
- Disminución de la altura del conjunto
- Elevada seguridad en el transporte
- Protección en las palas, para una mezcla perfecta y una mayor durabilidad.
- La tecnología utilizada en la fabricación de los tambores ofrece un amasado óptimo del hormigón.
- Descarga rápida y eficaz

Nuevo concepto de hormigonera Extra-Ligera:

Es el resultado de la incorporación en la hormigonera de los elementos más ligeros del mercado (tambor de chapa DOMEX WEAR (DX-WEAR) de 3mm, canales de fibra, guardabarros de aluminio y plástico, depósito de agua de aluminio). Es el producto ideal para aquellas zonas o países donde existen estrictas normativas en cuanto a la restricción de pesos.



Figura 1.3 Hormigonera Extra-Ligera.

Nuevo semi-remolque hormigonera aligerado Baryval:

Puede estar equipado con hormigoneras de 10, 12 o 15 m³ de capacidad. Está totalmente fabricado en acero anti-desgaste DOMEX (DX) de alto límite elástico.

El nuevo semi-remolque hormigonera de 12 m³, 3 ejes con rueda sencilla, montado sobre chasis BARYVAL, tiene una reducida tara: 8840kg. Su gran capacidad de carga, optimiza el número de trayectos realizados.



Figura 1.4 Semi-remolque hormigonera Aligerado Baryval.

Para conseguir esta disminución de tara, se ha diseñado un nuevo modelo, calculado a través del método de elementos finitos (MEF).

La combinación de la herramienta de cálculo, sumado a las características del nuevo acero, permite optimizar el producto consiguiendo disminuir la tara 1500 Kg. con respecto al vehículo anterior.

La distancia entre los centros de las ballestas es de 1400 mm y sus características principales son: la mejora del comportamiento del vehículo en carretera, su ligereza y sus componentes de seguridad, mejorando la estabilidad al vuelco.

1.4 Características de la hormigonera Baryval importada por Cuba

1.4.1 Características técnicas

TIPO		AMBC-5/101
N° MÁQUINA		21505
AÑO DE FABRICACIÓN		2009
VOLUMEN NOMINAL		5m ³
VOLUMEN GEOMÉTRICO		8850 l
TOMA DE FUERZA	motor vehículo	SI
	motor auxiliar	-
N° SERIE MOTOR AUXILIAR		-
VELOCIDAD DEL TAMBOR		0-14 r.p.m
CAPACIDAD DEPÓSITO DE AGUA		625 l
PRESION DEPÓSITO DE AGUA		4kgf/cm ²
N° DEPÓSITO DE AGUA		90077
PESO	sin motor auxiliar	3150 kg
	con motor auxiliar	-
SECTOR DE ORIENTACIÓN DE LA CANALETA DE DESCARGA		±90° en horizontal
		±30° en vertical
ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL TAMBOR		15°
ANCHURA MÁXIMA		2500mm
ALTURA MÁXIMA		2531mm
LONGITUD		4928mm
NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA		113dBA
NIVEL DE VIBRACIONES		0.3937m/s ²

Tabla 1.1 Características técnicas de la hormigonera Baryval

Capítulo 1: Generalidades de la hormigonera.

1.4.2 Puesta en servicio

Controles preliminares

Todas las máquinas salen de fábrica perfectamente verificadas, no obstante, antes de la puesta en servicio es necesario comprobar:

- 1- Nivel de aceite del reductor
- 2- Nivel de aceite del circuito hidráulico.
- 3- Llenado del depósito de agua
- 4- Engrase de los puntos indicados según el apartado “ puntos de engrase”
- 5- Nivel de aceite del motor auxiliar (en caso que lo lleve)
- 6- Apertura de la llave de salida del depósito de aceite del circuito hidráulico (en las versiones que lo lleve)

1.4.3 Puesta en marcha

Asegurarse de que las palancas de mando de velocidad, sentido de giro y revoluciones de motor están en posición. Bastará con conectar el motor del vehículo o el motor auxiliar para que automáticamente se transmita el movimiento a la bomba hidráulica. Existen excepciones en algunos vehículos, en los cuales la transmisión del movimiento a la bomba hidráulica se produce conectando antes del encendido del motor del vehículo.

1.4.4 Partes fundamentales

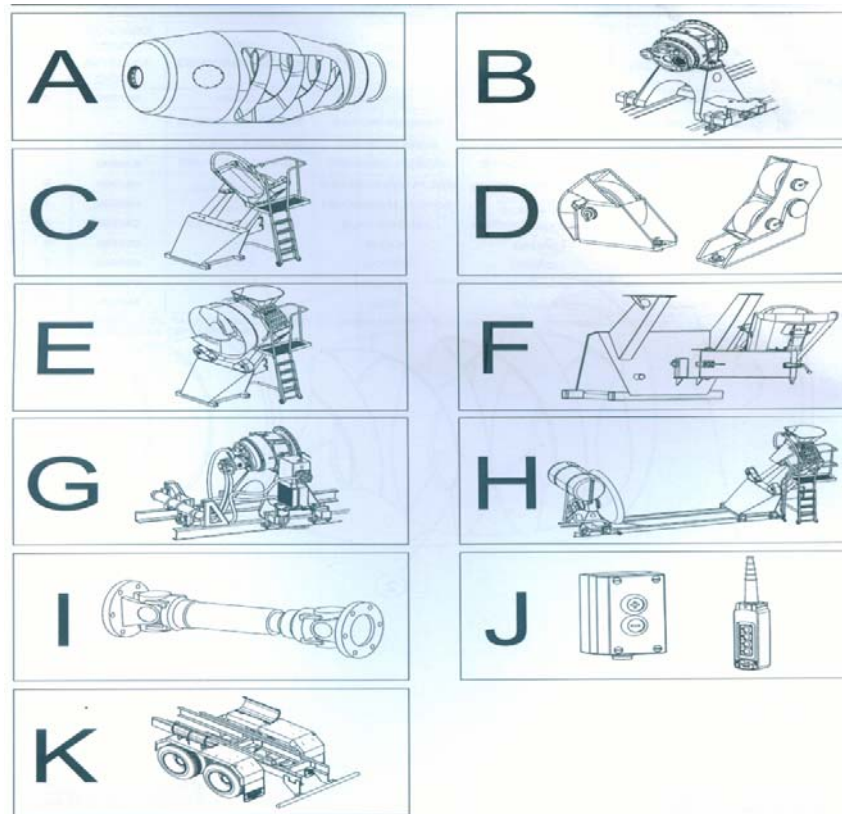


Tabla 1.2 Partes fundamentales de la hormigonera Baryval

- A- Tambor.
- B- Soporte y reductor
- C- Soporte trasero y escalera
- D- Rodillo simple
- E- Tolva de carga y soporte del tubo de agua
- F- Canal, brazo y husillo
- G- Instalación hidráulica standard
- H- Instalación de agua, aire depurado presurizado
- I- Cardan
- J- Acelerador eléctrico conexión a centralita
- K- Guardabarros de acero o aluminio

1.5 Trabajo realizado en SOMEK



Figura 1.5 Hormigonera remodelada en SOMEK

La figura 1.6 se muestra el dispositivo utilizado en SOMEK para la elaboración de los apoyos. No es más que unas platinas soldadas sobre una mesa metálica, para de una forma muy rústica garantizar las medidas básicas sin tener en cuenta los ángulos de inclinación de las planchas.



Figura 1.6 Dispositivo actualmente utilizado

Las barras para el bastidor se hacen doblando una lámina de 8mm de Ac Ct-3 pero la dobladora de cortina no permite el conformado de una lámina de 3500 mm de longitud por lo que en estos momentos se empatan. Esto lo hace en una forma compleja y trabajosa haciendo un corte en forma de diente de sierra (figura 1.7) y luego se suelda.



Figura 1.7 Corte de preparación para el empate del bastidor

1.6 Conclusiones parciales

En este apartado se abordan las características generales de la hormigonera, así como los principales productos que comercializa la firma Baryval, lo que nos brinda una idea de las principales características constructivas y desempeño de trabajo de la hormigonera.

Capítulo II: Diseño de dispositivos para el ensamblaje de los apoyos y determinación de la resistencia del chasis de la hormigonera

2.1 Introducción

En este capítulo se centrará la atención en el diseño de dispositivos para el ensamblaje del apoyo delantero (Figura 2.1) y trasero (Figura 2.2) de la hormigonera y el cálculo de las reacciones de estos sobre el bastidor. Buscando con ello la metodología más factible para la unión de las barras del bastidor y lograr la estabilidad del conjunto, un montaje de forma rápida y la precisión requerida de todas las partes.



Figura 2.1 Apoyo delantero de la hormigonera



Figura 2.2 Apoyo trasero de la hormigonera

2.2 Material a utilizar

El material a utilizar debe poseer altas propiedades mecánicas, al mismo tiempo debe poder resistir todas las solicitudes a las que está sometida. En otras palabras, el material debe ser resistente y seguro. El caso que nos ocupa dentro de los aceros para construcción son los aceros para estructuras. Estos aceros se dedican a la construcción de puentes, gaseoductos, oleoductos, armaduras que es la línea de trabajo, calderas, etc. Por lo general, todos los aceros para estructuras son soldables y la soldabilidad es una de sus principales propiedades. Por esto, de acuerdo con lo dicho en el párrafo anterior, el acero para estructuras es en general de bajo contenido de carbono, $C < 0,22 - 0,25\%$. El aumento de su resistencia se consigue aleándolo con elementos baratos, como el manganeso y el silicio. En este caso, y siendo bajo el contenido de carbono, el límite de fluencia aumenta hasta $40 - 45 \text{ kgf/mm}^2$ (y su resistencia a la rotura hasta $50 - 60 \text{ kgf/mm}^2$), y si se somete al tratamiento térmico aún más.

Los aceros al carbono simples para estructuras son: Ct-1, Ct-2 y Ct-3, que se suministran de acuerdo con las normas GOST 380-71. El que más se emplea es el Ct-3 y es el que se utiliza en este caso.

2.3 Descripción del dispositivo para el apoyo delantero

El dispositivo para el apoyo delantero (Figura 2.3) está formado por una lámina base y sobre esta seis sujetadores (Figura 2.4) que garantizan la posición y el ángulo en la colocación de las láminas para la operación de punteado.

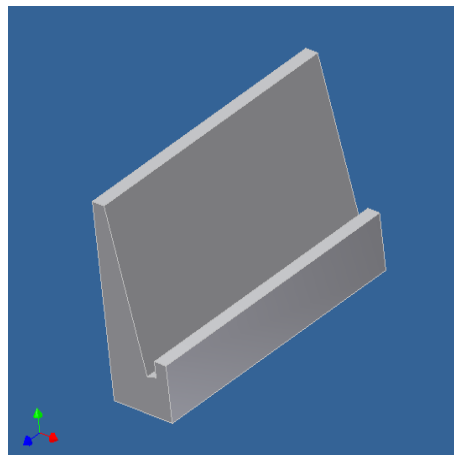
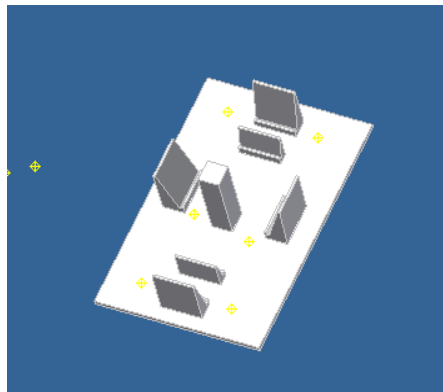


Figura 2.4 Sujetador

2.3.1 Pasos para el ensamble:

- 1- Se colocan las láminas interiores.
- 2- Se coloca el fondo interior.
- 3- Se colocan los laterales.
- 4- Se coloca la barra larga.
- 5- Se coloca las barras cortas.

- 6- Se sueldan las barras al interior de las láminas.
- 7- Se colocan los frentes.
- 8- Se puntea todo el conjunto.
- 9- Una vez punteada se retiran las piezas del dispositivo, se coloca la tapa que soporta los rodillos y se suelda todo el conjunto.

2.4 Descripción del dispositivo para el apoyo trasero

Este dispositivo en su conjunto será considerado como uno solo mirando desde el punto de vista total del ensamble, pero en realidad está formado por dos dispositivos. El primero (Figura 2.5) (ver anexo 3) agrupa y alinea todas las planchas que conforman el apoyo de los rodillos de la cuba y el soporte de la canal, donde son punteadas excluyendo el frente y la base que en un próximo paso se soldarán.

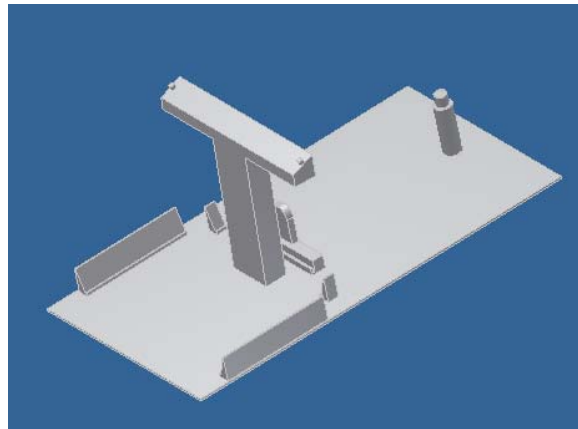


Figura 2.5 Primer dispositivo de ensamble

En el segundo dispositivo (Figura 2.6) (ver anexo 3) se colocan las barras de sujeción del conjunto escalera y pantalón y se sueldan todos los componentes.

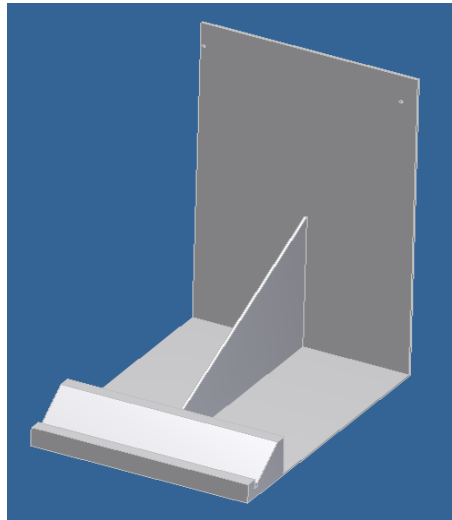


Figura 2.6 Segundo dispositivo de ensamble

2.4.1 Pasos para el ensamble

En el primer dispositivo:

- 1- Se coloca la lámina de fondo en su guía.
- 2- Se coloca el soporte de la canal.
- 3- Se colocan las vigas conformadas de refuerzo.
- 4- Se colocan las láminas laterales.
- 5- Se coloca la base de los rodillos.
- 6- Se puntean mediante soldadura todas las partes.
- 7- Una vez punteada se retiran las piezas del dispositivo y se colocan sobre su base real donde se sueldan a esta. Luego se coloca la lámina del frente que es también punteada para asegurar las dimensiones. Concluido esto se pasa al segundo dispositivo.

En el segundo dispositivo:

- 1- Se coloca la estructura previamente punteada.
- 2- Se colocan las barras de sujeción del pantalón y la escalera.
- 3- Se suelda toda la estructura incluyendo las soldaduras interiores.
- 4- Se retira la pieza del dispositivo.

2.5 Determinación de la resistencia del chasis de la concretera adaptándolo a las condiciones cubanas.

2.5.1 Necesidad del empleo de un esquema de análisis complejo durante el diseño y cálculo del chasis de la concretera.

Para poder diseñar y fabricar el chasis de la hormigonera es indispensable poder evaluar con exactitud su capacidad resistente bajo las cargas provocadas por el conjunto tambor-hormigón que accionan directamente sobre los apoyos y estos a su vez sobre el propio chasis. Por la complejidad del sistema de apoyos y de las interacciones con las cargas del sistema, se hace necesario aplicar la Mecánica de Materiales para elaborar un esquema de análisis que satisfaga los requerimientos de este conjunto. Se elaboró primeramente un diagrama del conjunto chasis-apoyo-tambor para precisar las coordenadas del centro de masa para el tambor, cargado con el hormigón en su peso nominal. El apoyo delantero constituye un sistema hiperestático, por lo que se aplicó el Método de las Fuerzas. Se plantearon las ecuaciones canónicas para determinar las reacciones del sistema y después con el planteamiento de las condiciones de equilibrio, determinamos las demás fuerzas y momentos generados en el apoyo. De manera similar se realizó el análisis del apoyo trasero y después el chasis completo, que es a su vez un sistema más complejo por estar apoyado en toda su longitud.

Esta situación determinó la necesidad de emplear en el cálculo del chasis un esquema de análisis más exacto. Los esquemas de análisis clásicos con apoyos simples que se pudieran emplear no satisfacen estos requerimientos (Pisarenko, 1989),(Shannley, 1971),(Beer, 1989),(Niemann, 1967),(Levy, 1992),(Reshetov, 1985). En primer lugar, el chasis de la hormigonera está apoyado prácticamente en toda su longitud y las cargas externas que le transmiten los apoyos al mismo, están concentradas en determinados puntos.

Entre los esquemas de análisis que aporta la Mecánica de Materiales para estas condiciones se encuentra el esquema de viga sobre fundación elástica, utilizado ampliamente en la Ingeniería Civil (Fang, 1991),(Hansted, 2003), pero poco empleado en la Ingeniería Mecánica para el cálculo de piezas de máquinas. En la Universidad de Cienfuegos existen aplicaciones del empleo de este esquema: (Valle, 2000), (Arzola y Goytisolo, 2005), (López, 2009), (Espinosa, 2006). Sin embargo en este caso, el sistema de cargas exteriores es extremadamente complejo y complicaría extremadamente la aplicación de las ecuaciones del Método de los Parámetros de Origen en este caso.

Los esquemas de análisis clásicos mucho más simples pudieran ser empleados pero resultarían completamente inexactos. Por ejemplo, un posible esquema de análisis sería considerar la reacción del apoyo continuo del chasis como una carga uniformemente distribuida a lo largo de toda su longitud. Sin embargo, con ese esquema se puede garantizar el equilibrio de fuerzas, pero no estará garantizado de ninguna manera simultáneamente el equilibrio de fuerzas y momentos, ya que la carga distribuida debe ser no uniformemente distribuida. Un esquema más exacto es sin dudas, el considerar la carga de reacción del apoyo continuo del chasis como no uniformemente distribuida. Este esquema de análisis es el que se empleará a continuación.

2.5.2 Determinación de las condiciones de apoyo del chasis

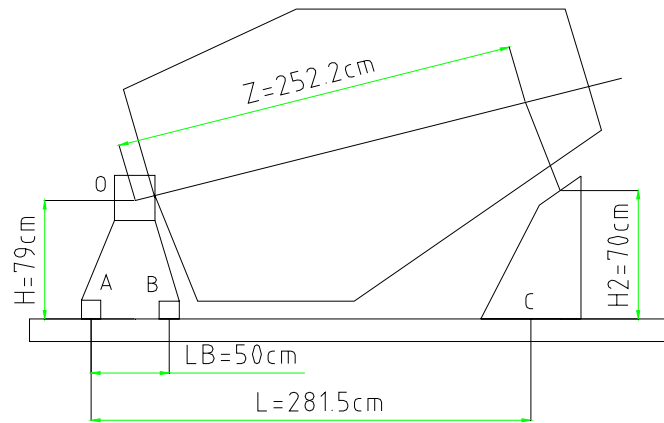


Figura 2.7 Dimensiones principales de la cuba y el chasis

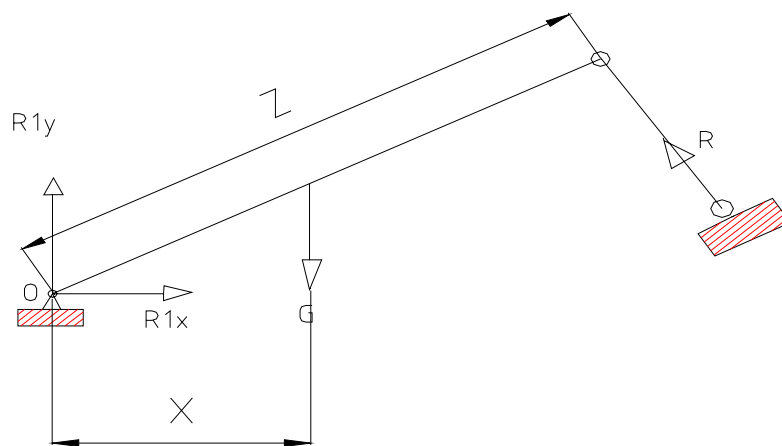


Figura 2.8 Esquema de análisis para la determinación de las reacciones en los apoyos del tambor

Planteando las ecuaciones de equilibrio para el tambor:

$$\sum F_y = R_{1y} + R \cos \alpha - G = 0 \quad (2.6)$$

CAPITULO II: Diseño de dispositivos para el ensamblaje de los apoyos y determinación de la resistencia del chasis de la hormigonera.



$$\sum F_x = R_{1x} - R \sin \alpha = 0 \quad (2.7)$$

$$\sum M_o = R \cdot Z - G \cdot X = 0 \quad (2.8)$$

Despejando R en (2.8)

$$R = \frac{G \cdot X}{Z} = \frac{130 \text{ kN} \cdot 121 \text{ cm}}{252,2 \text{ cm}} = 62,37 \text{ kN}$$

Sustituyendo R en (2.6) y (2.7):

$$R_{1y} = G - R \cos \alpha = 130 \text{ kN} - 62,37 \text{ kN} \cdot \cos 15^\circ = 69,75 \text{ kN}$$

$$R_{1x} = R \sin \alpha = 62,37 \text{ kN} \cdot \sin 15^\circ = 16,14 \text{ kN}$$

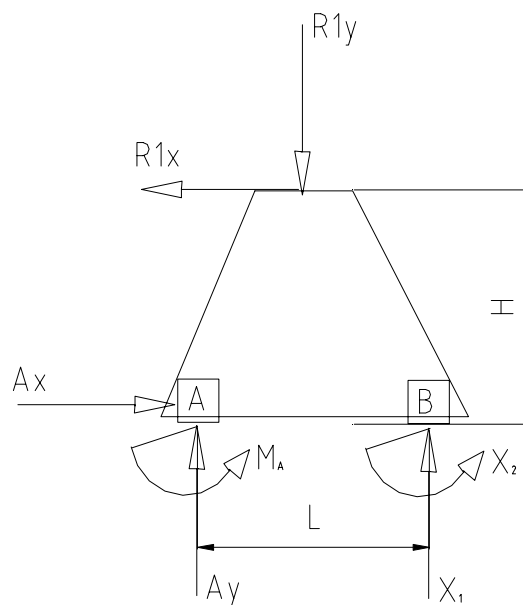


Figura 2.9 Esquema de análisis para la determinación de las reacciones en el apoyo delantero

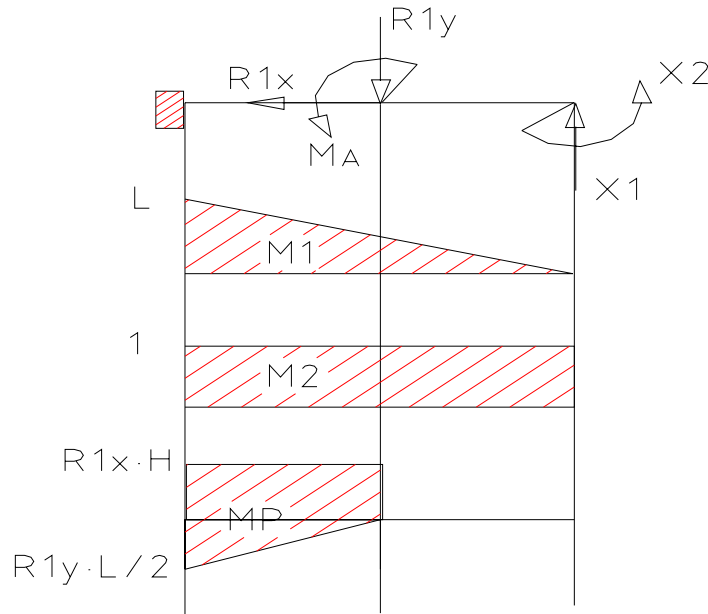


Figura 2.10 Diagramas unitarios para la determinación de las ecuaciones canónicas

Las ecuaciones canónicas para dicho sistema serán:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 = \delta_{1P} \quad (2.9)$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 = \delta_{2P} \quad (2.10)$$

$$\delta_{11} = \frac{1}{3} \cdot \frac{L \cdot L \cdot L}{EI} = \frac{L^3}{3EI} \quad (2.11)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{2} \cdot \frac{L \cdot 1 \cdot L}{EI} = \frac{L^2}{2EI} \quad (2.12)$$

$$\delta_{1P} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} + L \right) R_{1x} \cdot H \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{EI} - \frac{1}{6} \cdot R_{1y} \cdot \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} + 2L \right) \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{EI} \quad (2.13)$$

$$\delta_{22} = \frac{1 \cdot 1 \cdot L}{EI} = \frac{L}{EI} \quad (2.14)$$

$$\delta_{2P} = 1 \cdot R_{1X} \cdot H \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{EI} - \frac{1}{2} \cdot R_{1Y} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{1}{EI} \quad (2.15)$$

Cálculo realizado por el MATLAB (ver anexo 2) de las ecuaciones canónicas (2.9 y 2.10):

$$X_2 = 1470,9 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$X_1 = -164,4 \text{ kN}$$

Determinación de las reacciones para el apoyo delantero:

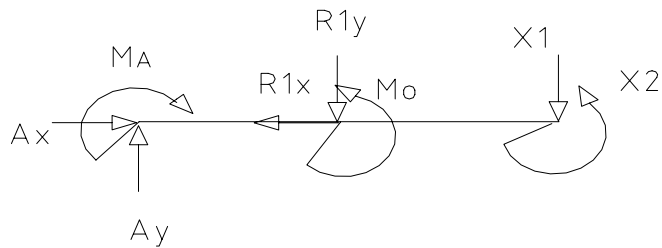


Figura 2.11 Esquema de análisis para la determinación de las reacciones del conjunto sobre apoyo delantero.

Planteando las condiciones de equilibrio para el apoyo delantero:

$$\sum F_Y = A_Y - R_{1Y} - X_1 = 0 \quad (2.16)$$

$$A_Y = R_{1Y} + X_1 = 69,75 + 164,4 \text{ kN}$$

$$\sum F_X = R_{1X} - A_X = 0 \quad (2.17)$$

$$A_X = R_{1X} = 16,14 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = M_A + R_{1Y} \cdot \frac{L}{2} + X_1 \cdot L - M_O - X_2 = 0 \quad (2.18)$$

$$M_A = M_o + X_2 - X_1 \cdot L - R1x \cdot \frac{L}{2}$$

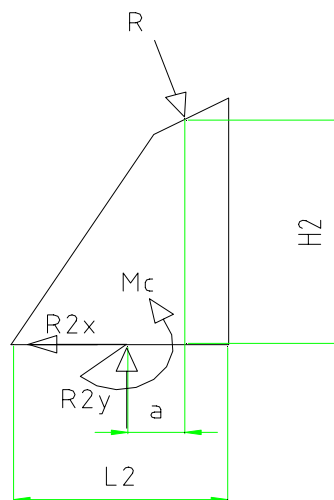
$$M_A = 1275,06 + 1470,9 - 164,4 \cdot 50 - 69,79 \cdot 25$$

$$M_A = -7218,85 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Teniendo en cuenta el signo del Momento en A (M_a):



Figura 2.12 Esquema de análisis para la determinación de las reacciones del conjunto sobre apoyo delantero.



$$a = 30$$

$$L2 = 770$$

Figura 2.13 Esquema de análisis para la determinación de las reacciones del conjunto sobre apoyo trasero.

Planteando las condiciones de equilibrio para el apoyo trasero:

$$\begin{aligned}\sum F_X &= R_{2X} - R \sin \alpha = 0 \\ R_{2X} &= R \sin \alpha \\ R_{2X} &= 62,37 \text{ kN} \cdot \sin 15^\circ \\ R_{2X} &= 16,14 \text{ kN}\end{aligned}\tag{2.19}$$

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= R_{2Y} - R \cos \alpha = 0 \\ R_{2Y} &= R \cos \alpha \\ R_{2Y} &= 62,37 \text{ kN} \cdot \cos 15^\circ \\ R_{2Y} &= 60,24 \text{ kN}\end{aligned}\tag{2.20}$$

$$\begin{aligned}\sum M_C &= M_C - R_{2Y} \cdot a - R_{2X} \cdot H = 0 \\ M_C &= R \cos \alpha \cdot a + R \sin \alpha \cdot H_2 \\ M_C &= 62,37 \text{ kN} \cdot \cos 15^\circ \cdot 30 + 62,37 \text{ kN} \cdot \sin 15^\circ \cdot 70 \\ M_C &= 2937 \text{ kN} \cdot \text{cm}\end{aligned}\tag{2.21}$$

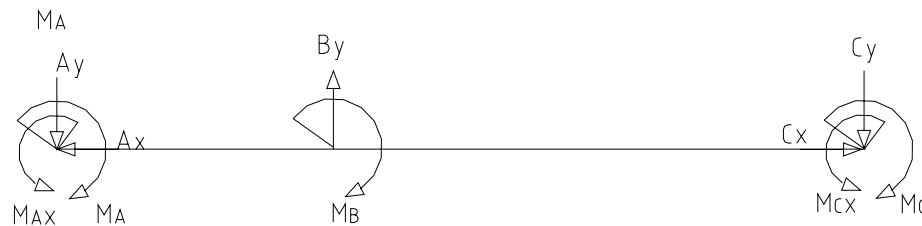


Figura 2.14 Esquema de análisis para la determinación de las reacciones del bastidor

$$\begin{aligned}M_{AX} &= A_x \cdot \frac{h}{2} \\ M_{AX} &= 16,14 \text{ kN} \cdot \frac{16}{2} \\ M_{AX} &= 129,12 \text{ kN} \cdot \text{cm}\end{aligned}\tag{2.22}$$

$$\begin{aligned}M_{AR} &= M_A - M_{AX} \\ M_{AR} &= 7218,85 - 129,12 \\ M_{AR} &= 7026,73 \text{ kN} \cdot \text{cm}\end{aligned}\tag{2.23}$$

$$M_{CX} = C_X \cdot \frac{h}{2}$$

$$M_{CX} = 16,14 \cdot \frac{16}{2}$$

$$M_{CX} = 129,12 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{CR} = M_C - M_{CX}$$

$$M_{CR} = 2937 - 129,12$$

$$M_{CR} = 2807,88 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

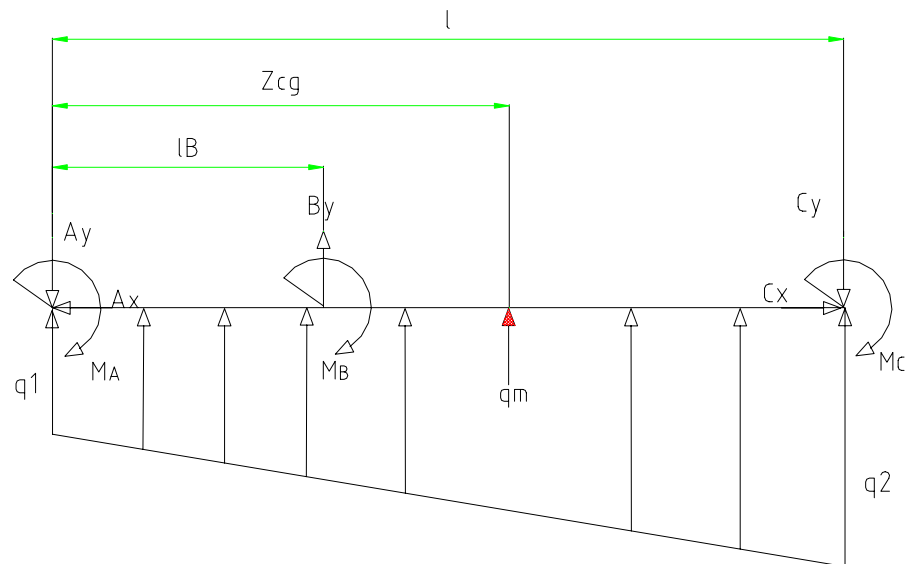


Figura 2.15 Esquema de análisis para determinar el centroide de la carga distribuida.

$$\sum F_Y = qm \cdot l + B_y - C_y - A_y = 0$$

$$\sum M_A = qm \cdot Zcg \cdot l + B_y \cdot l_B - M_A - M_B - M_C - C_y \cdot l = 0$$

Despejando en 2.6

$$qm = \frac{A_y + C_y - B_y}{l}$$

$$qm = \frac{234,15 + 60,24 - 164,4}{281,5}$$

$$qm = 0,46 \frac{kN}{cm}$$

Despejando en 2.7

$$Z_{cg} = \frac{C_y \cdot l - B_y \cdot l_B + M_A + M_B + M_C}{qm \cdot l}$$

$$Z_{cg} = \frac{60,24 \cdot 281,5 - 164,4 \cdot 50 + 7026,73 + 1470,9 + 2807,88}{0,46 \cdot 281,5}$$

$$Z_{cg} = \frac{20043,07}{129,99}$$

$$Z_{cg} = 154,18 cm$$

$$qm = \frac{q_1 + q_2}{2} = 0,46 kN \quad (2.28)$$

Despejando en 2.28

$$q_1 = 0,46 \times 2 - q_2 \quad (2.29)$$

$$q_1 = 0,92 - q_2$$

$$Z_{cg} = \frac{2 \cdot q_2 + q_1}{3 \cdot (q_1 + q_2)} \cdot l \quad (2.30)$$

Sustituyendo 2.29 en 2.30

$$Z_{cg} = \frac{2 \cdot q_2 + 0,92 - q_2}{3 \cdot (0,92 - q_2 + q_2)} \cdot l$$

Despejando

$$q_2 = \frac{Z_{cg} \cdot 2,76}{l} - 0,92$$

$$q_2 = \frac{154,18 \cdot 2,76}{281,5} - 0,92$$

$$q_2 = 0,59 \text{ kN}$$

$$q_1 = 0,92 - 0,59$$

$$q_1 = 0,33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Comprobación

$$Z_{cg} = \frac{2 \cdot q_2 + q_1}{3 \cdot (q_1 + q_2)} \cdot l$$

$$Z_{cg} = \frac{2 \cdot 0,59 - 0,33}{3 \cdot (0,33 + 0,59)} \cdot 281,5$$

$$Z_{cg} = 154 \text{ cm}$$

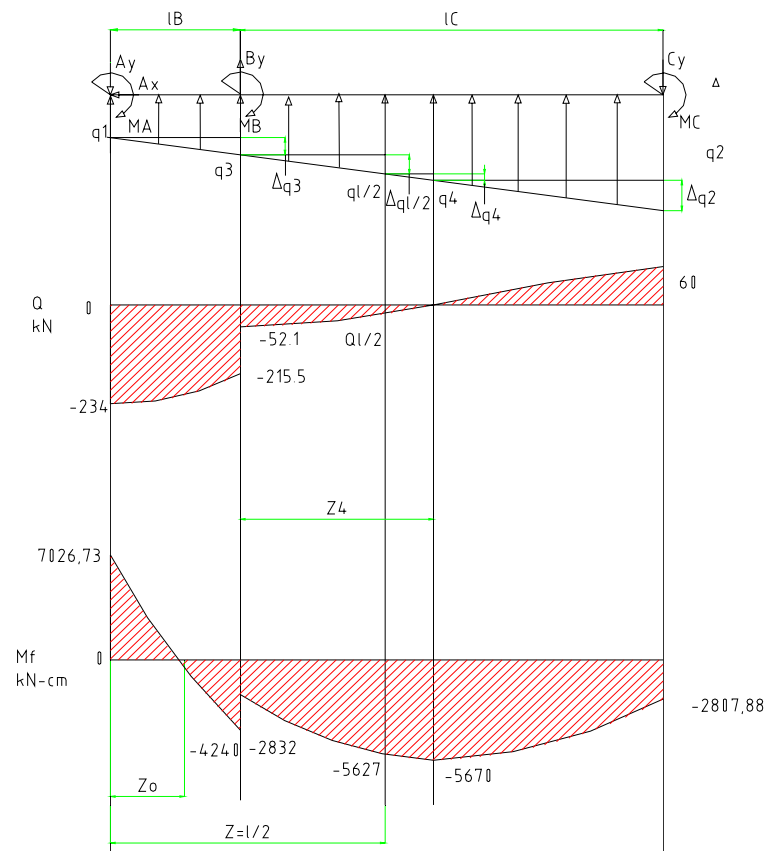


Figura 2.16 Diagrama de momento flector y cortante del chasis

Valor de la intensidad de carga distribuida para $Z=50\text{cm}$

$$q_3 = q_1 + \Delta q_3 \quad (2.31)$$

$$\frac{\Delta q_3}{50} = \frac{\Delta q_2}{281,5} = \frac{0,59 - 0,33}{281,5} \quad (2.32)$$

$$\Delta q_3 = 0,046 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Calculando (2.31)

$$q_3 = 0,33 + 0,046$$

$$q_3 = 0,376 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Valor de la intensidad de carga distribuida para $Z=L/2=140,75\text{cm}$

$$q_{l/2} = q_1 + \Delta q_{l/2} \quad (2.33)$$

$$\frac{\Delta q_{l/2}}{140,75} = \frac{\Delta q_2}{281,5} = \frac{0,59 - 0,33}{281,5} \quad (2.34)$$

$$\Delta q_{l/2} = 0,13 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Calculando (2.33)

$$q_{l/2} = 0,33 + 0,13$$

$$q_{l/2} = 0,46 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

El valor de Z_4 para cuando el cortante es cero.

$$-52,1 + \frac{0,376 \cdot q_4}{2} \cdot Z_4 = 0 \quad (2.35)$$

$$q_4 \cdot Z + 0,376 \cdot Z_4 = 104,2 \quad (2.36)$$

$$\frac{\Delta q_4}{Z_4} = \frac{0,59 - 0,376}{231,5} \quad (2.37)$$

$$\Delta q_4 = 0,00093 \cdot Z_4$$

$$q_4 = 0,376 + 0,00093 \cdot Z_4 \quad (2.38)$$

Sustituyendo (2.38) en (2.36)

$$(0,376 + 0,00093 \cdot Z_4) \cdot Z + 0,376 \cdot Z_4 = 104,2$$

$$0,00093 \cdot Z_4^2 + 2 \cdot 0,376 \cdot Z_4 - 112043 = 0$$

$$Z_4^2 + 808,6 \cdot Z_4 - 104,2 = 0$$

$$Z_4 = 120,6 \text{ cm}$$

Resolviendo (2.37).

$$\Delta q_4 = 0,00093 \cdot 120,6$$

$$\Delta q_4 = 0,1122 \frac{kN}{cm}$$

Resolviendo (2.38).

$$q_4 = 0,376 + 0,00093 \cdot 120,6$$

$$q_4 = 0,488 \frac{kN}{cm}$$

Valor del momento flector para Z=50.

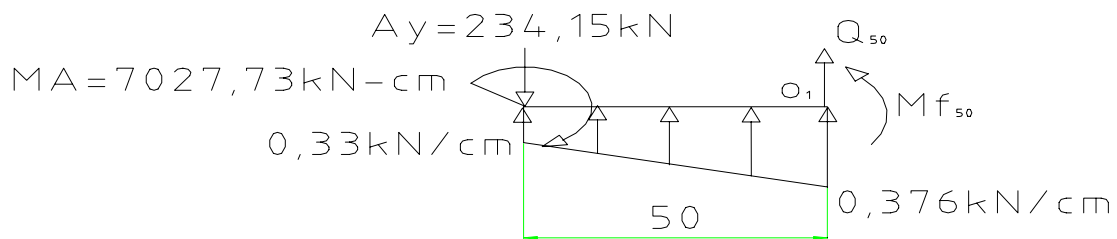


Figura 2.17 Diagrama del momento flector para Z=50

$$\sum Mo_1 = Mf_{50} - 7026,73 + 50 - \frac{0,33 + 0,376}{2} \cdot \frac{50^2}{2} = 0 \quad (2.39)$$

Despejando (2.39)

$$Mf_{50} = 7026,73 - 11707,50 + 441,25$$

$$Mf_{50} = -4240 kN - cm \quad (2.40)$$

Valor del momento flector para Z=170.6

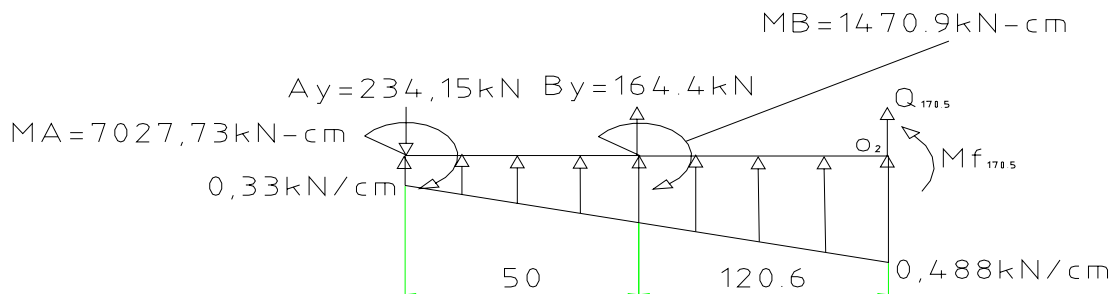


Figura 2.18 Diagrama del momento flector para Z=170.6

$$\sum Mo_2 = Mf_{170} - 7026,73 - 1470,9 - 164 \cdot 120,6 + 234,15 \cdot 170,6 - \frac{0,33 + 0,488}{2} \cdot 170,6 \cdot \frac{170,6}{2} = 0 \quad (2.41)$$

Despejando (2.41).

$$Mf_{170} = 7026,73 + 1470,9 + 19826,64 + 5951,84 - 39946 \quad (2.42)$$

$$Mf_{170} = -5670 \text{ kN} - \text{cm}$$

Valor de Zo donde el momento flector es cero.

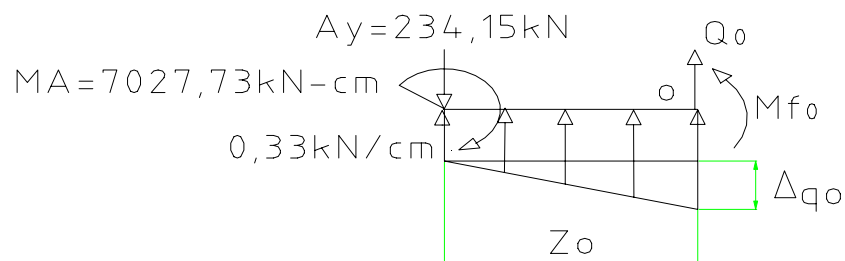


Figura 2.19 Diagrama para el momento flector igual a cero

CAPITULO II: Diseño de dispositivos para el ensamblaje de los apoyos y determinación de la resistencia del chasis de la hormigonera.



$$M_o = 7026,73 - 234,15 \cdot Z_o + 0,33 \cdot Z_o \cdot \frac{Z_o}{2} + \frac{\Delta q_o \cdot Z_o}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot Z_o = 0 \quad (2.43)$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta q_o}{Z_o} &= \frac{\Delta q_3}{50} \\ \Delta q_o &= \frac{0,046}{50} \\ \Delta q_o &= 0,00092 \cdot Z_o \end{aligned} \quad (2.44)$$

$$\begin{aligned} 0,165 \cdot Z_o^2 + 0,00015 \cdot Z_o^2 - 234,15 \cdot Z_o + 7076,73 &= 0 \\ 0,16515 \cdot Z_o^2 - 234,15 \cdot Z_o + 7076,73 &= 0 \end{aligned} \quad (2.45)$$

Despejando Z_o

$$Z_o^2 - 1418 \cdot Z_o + 42850 = 0$$

$$\begin{aligned} Z_o &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ Z_o &= \frac{-1418 \pm \sqrt{(-1418)^2 - 4 \cdot 42285}}{2} \\ Z_o &= \frac{1418 \pm 1356}{2} \\ Z_o &= 31cm \end{aligned}$$

El cortante y el momento flector en la mitad de la longitud de las vigas del chasis $Z=140.75\text{cm}$.

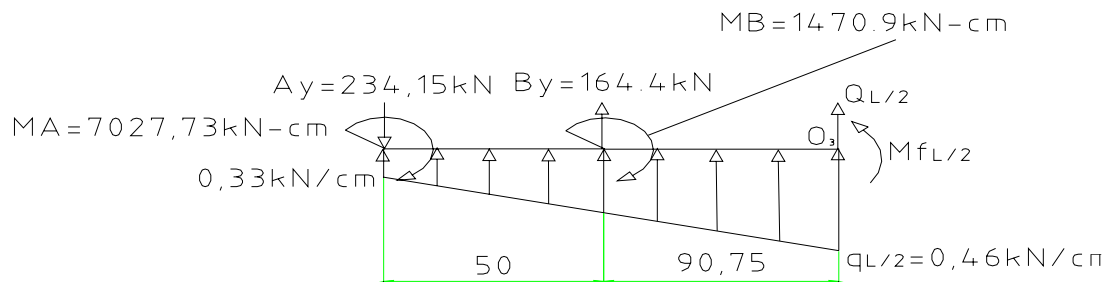


Figura 2.20 Diagrama del cortante y el momento flector en la mitad de la longitud de las vigas del chasis.

$$\sum Fy = Q_{L/2} + 234,15 - 164 - \left(\frac{0,33 + 0,46}{2} \right) \cdot 140,75 = 0 \quad (2.46)$$

Despejando (2.46).

$$Q_{L/2} = 164,4 + 55,48 - 234,15$$

$$Q_{L/2} = -14,27 \text{ kN}$$

$$\sum Mo_3 = Mf_{L/2} - 7026,73 - 1470,9 - 164 \cdot 90,75 - \left(\frac{0,33 + 0,46}{2} \right) \cdot \frac{140,75^2}{2} + 234,15 \cdot 140,75 = 0 \quad (2.47)$$

Calculando (2.47).

$$Mf_{L/2} = -5627 \text{ kN-cm}$$

La sección ideal para realizar el empate por soldadura de los dos tramos de la viga es la sección correspondiente al punto O, donde el momento es cero. Sin embargo el valor de $Z_0=31\text{cm}$, no tiene sentido utilizar un tramo tan largo de 2,5m y otro de tan solo 31cm. Otra sección conveniente es la sección B donde el momento flector es pequeño, pero sucede lo mismo un tramo muy largo y otro corto y además en esa sección el cortante es relativamente grande.

Lo más racional es por lo tanto conformar la viga con dos tramos iguales de $L=140.75$ cm. Ninguno de los dos tramos sería tan largo y en esa sección el cortante es muy pequeño y el momento flector tiene un valor menor que el máximo.

Los cálculos se realizaran para:

$$Q = 14.27 \text{ kN y } M_f = 5627 \text{ kN-cm}$$

2.6 Diseño y cálculo de las uniones soldadas de refuerzo del chasis

2.6.1 Concepto de Unión Soldada Mixta

Una unión soldada mixta es aquella donde concurren diferentes tipos de uniones soldadas, que pueden ser del tipo de unión a tope unas y otras del tipo de unión con costuras de filete, o pueden ser del mismo tipo sometidas a diferentes tipos de solicitaciones. El tipo de unión soldada mixta más simple es la unión soldada a solape donde concurren costuras de filete longitudinal y transversal actuando simultáneamente (figura. 2.21). En la literatura técnica se demuestra que las tensiones y la concentración de tensiones son menores en las costuras de filete transversal que en la longitudinal (Hall, 1971; Hernández, 2006). Sin embargo, cuando se trata de una unión mixta resulta muy difícil establecer que parte de la carga soporta la unión transversal y que parte soporta la unión longitudinal. En la literatura especializada de soldadura (Mukanov, 1968; Schimpke, 1980; Schimpke, 1989) se describen diferentes uniones soldadas mixtas empleadas como refuerzos de vigas, uniones de diferentes elementos de estructuras o piezas de máquinas, aunque no se describe cómo calcular dichas uniones.

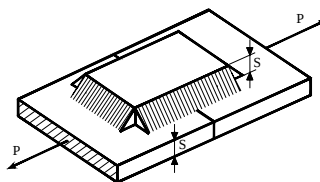


Figura 2.21 Unión a solape con costura de filete longitudinal y transversal

El Método General de Cálculo para el cálculo de las tensiones en uniones soldadas mixtas fue propuesto en el trabajo (Hernández, 2007), (Osdiel, 2007). El mismo fue ilustrado en dicho trabajo para el caso de una viga soldada con una unión soldada mixta mucho más compleja que la abordada en el presente trabajo. La unión mixta que se abordará en esta ocasión es como la mostrada en la figura 2.22. En esta unión la viga canal está soldada a tope y está sometida a cortante y flexión. Sin embargo en la sección donde se realizará el empate de la viga la fuerza de cortante es muy pequeña por lo que se puede despreciar. Cuando existe flexión el cortante directo se puede despreciar, en este caso se justifica mucho más pues el valor de la fuerza de cortante directo en la sección es pequeña. La unión, en este caso, está reforzada además con dos láminas de refuerzo en el alma de la viga que constituyen a su vez una unión a solape que para la sollicitación a la que estará sometida la unión en su conjunto, esta unión estará sometida a torsión. El esquema de la unión se muestra en la figura 2.22.

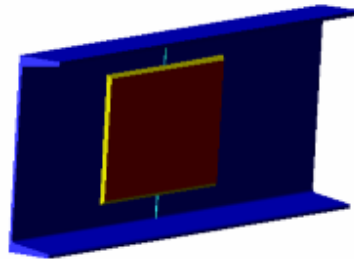


Figura 2.22 Esquema de la unión mixta empleada para ilustrar el método de cálculo.

Esta unión mixta servirá de base material de estudio para explicar el Método General de Cálculo de las fuerzas internas que asimila cada parte específica de la unión y de las tensiones en cada una de ellas.

2.6.2 Características de la Unión Soldada Mixta a calcular

En la figura 2.22 se muestra la unión soldada mixta descrita en el epígrafe anterior. La misma está compuesta por dos elementos diferentes que son:

1. La unión a tope entre los perfiles

2. La unión a solape de las láminas de refuerzo laterales, las cuales constituyen una unión a solape con costura de filete de contorno en U para cada una de las mitades de la viga canal

La unión en su conjunto se considerará sometida a una fuerza de cortante transversal Q y a un momento flector de magnitud M_f . Las cargas externas se distribuirán entre los dos elementos de la unión. El problema radica en cómo conocer que parte de la carga será asimilada por cada una de las partes componentes. Para resolver esta problemática se utilizará un principio general de la Mecánica de Materiales que plantea que las cargas se distribuyen entre las diferentes partes de un todo de forma directamente proporcional a las rigideces de cada una de las partes integrantes. Se aplicará el Principio de la Superposición, se analizará a continuación la distribución de las fuerzas internas para:

- La fuerza de cortante Q_T
- El momento flector M_f

2.6.3 Cálculo de las fuerzas internas en los diferentes elemento de la Unión Soldada Mixta analizada

2.6.3.1 Para las fuerzas de cortante Q_T

Para las fuerzas de cortante Q_T , sucede algo similar

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad (2.48)$$

Donde:

Q_T – Fuerza de cortante total que actúa sobre la unión.

Q_1 – Fuerza de cortante que asimila la unión 1 a tope.

Q_2 – Fuerza de cortante que asimila la unión 2 a solape.

Como la distorsión originada en la sección es la misma para las tres partes componentes de la unión, la fuerza que asimila cada parte será proporcional a su rigidez a cortante.

$$\frac{Q_1}{G \cdot A_1} = \frac{Q_2}{G \cdot A_2} \quad (2.49)$$

Mediante un proceso de sustitución y despeje similar al anterior se llega a que

$$Q_1 = \frac{Q_T \cdot A_1}{A_1 + A_2} \quad (2.50)$$

$$Q_2 = \frac{Q_T \cdot A_2}{A_1 + A_2} \quad (2.51)$$

2.6.3.2 Para el momento flector sobre la unión

La parte del momento flector total que soporta cada una de las partes componentes de la unión dependerá de la rigidez a flexión, y se cumple al igual que los casos anteriores que:

$$M_T = M_1 + M_2 \quad (2.52)$$

La línea elástica de la viga es única. De la ecuación diferencial elástica de la línea elástica se tiene que:

$$M_1 = E \cdot I_{x1} \cdot y_1'' \quad (2.53)$$

$$M_2 = E \cdot I_{x2} \cdot y_2'' \quad (2.54)$$

Como se tiene que cumplir que $y_1 = y_2$, de donde $y_1' = y_2'$ y $y_1'' = y_2''$

Se obtiene que:

$$\frac{M_1}{E \cdot I_{x1}} = \frac{M_2}{E \cdot I_{x2}} \quad (2.55)$$

Sustituyendo (2.55) en (2.52) y despejando M_1 Y M_2 de forma similar a como se hizo anteriormente.

$$M_1 = \frac{M_T \cdot I_1}{I_{x_1} + I_{x_2}} \quad (2.56)$$

$$M_2 = \frac{M_T \cdot I_2}{I_1 + I_2} \quad (2.57)$$

Donde:

I_{x_1} – Es el momento de inercia de la sección de la viga canal con relación a su eje centroidal X.

$$\frac{M_1}{E \cdot I_{x_1}} = \frac{M_2}{E \cdot I_{x_2}} \quad (2.58)$$

I_{x_2} – Es el momento de inercia de las láminas de refuerzo laterales con relación al eje X. O sea

$$I_{x_2} = 2 \cdot \frac{1}{12} S_2 h_2^3 = \frac{S_2 \cdot h_2^3}{6} \quad (2.59)$$

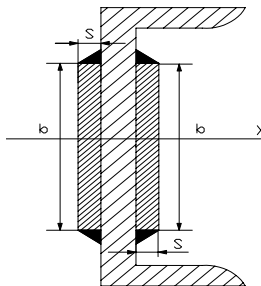


Figura 2.23 Dimensiones básicas de las placas de refuerzo laterales

2.6.4 Cálculo de las tensiones en los componentes de la unión a tope de la viga canal

2.6.4.1 Tensiones provocadas por la fuerza tangencial Q₁

En la unión a tope la fuerza tangencial Q₁, provoca tensiones tangenciales las cuales no se distribuyen uniformemente a través de la sección de la unión, la misma se calcula por la expresión de (Feodosiev, 1985).

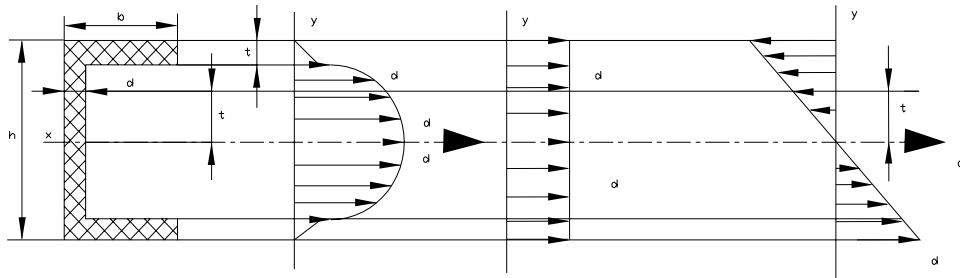


Figura 2.24 Distribución de tensiones normales y tangenciales en la unión a tope

$$\tau_y = \frac{Q_1 \cdot S'_x}{d \cdot I_x} \quad (2.60)$$

Donde:

Q₁—Fuerza de cortante que soporta la unión a tope.

S'_x—Momento estático del área separada de la sección de la unión por encima de la coordenada y.

d— Espesor de la sección a la altura de la coordenada y.

I_x—Momento de inercia de toda la sección con relación al eje centroidal x perpendicular a Q₁.

La tensión $\tau_{\max}$ se produce a la altura de la línea neutra y toma valor.

$$\tau_{\max} = \frac{Q_1 \cdot S'_x_{\max}}{d \cdot I_x}$$

$S'_{x_{\max}}$ —Momento estático máximo de la sección, se toma de la tabla de los perfiles laminados correspondientes.

Para calcular la tensión tangencial en el cordón a la altura de la transición ala – alma, se hace necesario calcular el momento estático del área que está por encima de esa sección, o sea, para $Y_y = h/2 - t$. El momento estático es:

$$S'_{x_t} = b \cdot t \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) \quad (2.61)$$

Y la tensión:

$$\tau_t = \frac{Q_1 \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) \cdot b \cdot t}{d \cdot I_x} \quad (2.62)$$

2.6.4.2 Tensiones provocadas por el momento flector M_f

El momento flector provoca en el cordón, como es ampliamente conocido, tensiones normales de tracción y de compresión proporcionales a la coordenada y . Las mismas se calculan por la conocida ecuación de Navier (Feodosiev, 1985).

$$\sigma_y = \frac{M_f \cdot y}{I_x} \quad (2.63)$$

y las tensiones máximas se puede calcular por la expresión

$$\sigma_{M_f \max} = \frac{M_f \cdot y_{\max}}{I_x} = \frac{M_f}{W_x} \quad (2.64)$$

2.6.5 Cálculo de las tensiones que surgen en los cordones de las láminas de refuerzo laterales

2.6.5.1 Carga sobre las láminas de refuerzo laterales

Las láminas laterales están sometidas al Momento M_2 , pero para la unión de las placas laterales esta carga es un momento torsor.

2.6.5.2 Tensiones provocadas en los cordones laterales el momento M_2

Las tensiones tangenciales de torsión en los cordones de filete de las placas de refuerzo laterales se calculan directamente por la expresión dada para el Caso 5, de la Tabla 1.2 (Hernández, 2006).

$$\tau_{M_2} = \frac{4,2426 \cdot M_2'}{c^2(2 \cdot l_L' + l_T' + 2c)} \quad (2.65)$$

En esta expresión $M_2' = M_2 / 2$, ya que son dos láminas de refuerzo laterales.

Se determina un factor de seguridad del cordón de soldadura suponiendo que la misma este soldada a lo largo de la viga por dicha ecuación.

Donde:

$$\sigma_f = 4500 \text{ kgf} - \text{cm}^2$$

$$I_{X_V} = 823 \text{ cm}^4$$

$$S=1\text{cm.}$$

$$H=12 \text{ cm.}$$

$$M_f=562700 \text{ kgf-cm}$$

$$\frac{M_{f_V}}{E \cdot I_{X_V}} = \frac{M_{f_{PR}}}{E \cdot I_{X_{PR}}} \quad (2.66)$$

Sustituyendo y despejando obtenemos que:

$$M_{f_V} = \frac{M_{f_{PR}} \cdot I_{X_V}}{I_{X_{PR}}} \quad (2.67)$$

Donde:

I_{X_V} – Es el momento de inercia de la sección de la viga con relación a su eje centroidal X , es igual.

CAPITULO II: Diseño de dispositivos para el ensamblaje de los apoyos y determinación de la resistencia del chasis de la hormigonera.



$I_{X_{PR}}$ – Es el momento de inercia de las láminas de refuerzo laterales con relación al eje X. O sea:

$$I_{X_{PR}} = 2 \cdot \frac{1}{12} Sh^3 = \frac{Sh^3}{6} \quad (2.68)$$

S – es el espesor de las planchas de refuerzo.

H – es la altura de las planchas de refuerzo.

M_f – es el momento flector determinado para la zona más crítica del chasis.

Sustituyendo:

$$\begin{aligned} M_f &= \frac{M_{fPR} \cdot 6I_{X_v}}{sh^3} + M_{fPR} \\ M_f &= +M_{fPR} \cdot \left(\frac{6I_{X_v}}{sh^3} + 1 \right) \\ M_{fPR} &= \frac{M_f \cdot sh^3}{6 \cdot I_{X_v} + sh^3} \\ M_{fPR} &= \frac{562700 \cdot 1 \cdot 12^3}{6 \cdot 823 + 1 \cdot 12^3} \\ M_{fPR} &= \frac{972345600}{6666} \\ M_{fPR} &= 145866,43 \text{ kg} - \text{cm} \end{aligned} \quad (2.69)$$

Determinación del momento flector de la viga despejando de la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} M_f &= M_{fv} + M_{fPR} \\ M_{fv} &= M_f - M_{fPR} \\ M_{fv} &= 562700 - 145866,43 \\ M_{fv} &= 416833,57 \text{ kgf} - \text{cm} \end{aligned} \quad (2.70)$$

2.6.5.3 Cálculo del factor de seguridad mediante la ecuación de las tensiones en los componentes de la unión a tope de la viga considerando el efecto dinámico

$$\sigma_{din\ v} = \frac{Mfv}{W_v} \leq [\sigma]_t = \frac{\sigma f}{n} \quad (2.71)$$

Despejando para obtener el factor de seguridad del mismo, según (Dobrovolsky, 1991) para la soldadura por manual de arco eléctrico a cortante $\varphi = 0.6$.

$$\begin{aligned} n &= \frac{\sigma f \cdot W_v \cdot \varphi}{Mfv} \\ n &= \frac{4500 \cdot 103 \cdot 0,6}{416833,57} \\ n &= 0,66 \end{aligned} \quad (2.72)$$

2.6.6 Cálculo del factor de seguridad de las tensiones en la soldadura de las láminas de refuerzo laterales se determina por la siguiente ecuación considerando el efecto dinámico.

$$\sigma_{din\ v} = \frac{Mfv}{W_v} \leq [\sigma]_t = \frac{\sigma f}{n}$$

Se determina el momento flector de las placas de refuerzo por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} M_{fPR} &= \frac{M_f \cdot sh^3}{6 \cdot I_{xv} + sh^3} \\ M_{fPR} &= \frac{(562700 / 2) \cdot 1 \cdot 12^3}{6 \cdot 823 + 1 \cdot 12^3} \\ M_{fPR} &= \frac{486172800}{6666} \\ M_{fPR} &= 72933,21 \text{ kg} - \text{cm} \end{aligned} \quad (2.73)$$

Determinación del momento flector de la viga.

$$\begin{aligned}
 M_f &= M_{fv} + M_{fPR} \\
 M_{fv} &= M_f - M_{fPR} \\
 M_{fv} &= 281350 - 72933,21 \\
 M_{fv} &= 208416,79 \text{ kgf} - \text{cm}
 \end{aligned}
 \tag{2.74}$$

Despejando para obtener el factor de seguridad del mismo, según (Dobrovolsky, 1991) para la soldadura por manual de arco eléctrico a flexión $\varphi = 0.5$.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\sigma_f \cdot W_{PR} \cdot \varphi}{M_{fPR}} \\
 n &= \frac{4500 \cdot 48 \cdot 0,5}{72933,21} \\
 n &= 1,48
 \end{aligned}
 \tag{2.75}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 W_{PR} &= 2 \frac{S \cdot h^2}{6} \\
 W_{PR} &= \frac{1 \cdot 12^2}{3} \\
 W_{PR} &= 48 \text{ cm}^3
 \end{aligned}
 \tag{2.76}$$

2.6.6.1 Tensiones provocadas en los cordones laterales

Las tensiones tangenciales de torsión en los cordones de filete de las placas de refuerzo laterales se calculan directamente por la expresión dada para el Caso 5, de la Tabla 1.2 (Hernández, 2006).

$$\tau_{solPR} = \frac{4.2426 \cdot Mf_{PR}}{c^2 (2 \cdot l_L' + l_T')} \leq [\tau] = \frac{\sigma_f}{n}$$

$$n = \frac{\sigma_f \cdot c^2 (2 \cdot l_L' + l_T')}{4.2426 \cdot Mf_{PR}}$$

$$n = \frac{4500 \cdot 1^2 (2 \cdot 50 + 12)}{4.2426 \cdot 72933,21/2} \quad (2.77)$$

$$n = \frac{504000}{154713,22}$$

$$n = 3.25$$

2.7 Conclusiones parciales

Se diseñaron los dispositivos, y se describe la secuencia de ensamble para el funcionamiento de forma general. Fue obtenido el punto óptimo para el empate en la longitud media de las barras del chasis partiendo de las reacciones en el bastidor y se comprobó mediante la metodología de cálculo la seguridad que ofrece dicho empalme.

Capítulo III. Análisis Económico

3.1- Determinación del costo de fabricación

El costo de fabricación está compuesto por los costos directos o gastos en los que se incurre en el proceso de producción, y los costos indirectos o gastos en los que se incurre en la dirección, organización y servicios colaterales al proceso productivo.

Los gastos directos están a su vez compuestos por:

Materiales: Incluye todos aquellos materiales que se consumen en el proceso productivo exceptuando los combustibles.

Salario: Es la suma de todos los salarios de los operarios que intervienen en el proceso al cual se le adiciona las vacaciones ($\text{Salario} \times 0,090905$) y la seguridad social ($\text{Salario} \times 0,14$).

Amortización: Amortización de las máquinas y equipos que intervienen en el proceso productivo. Esta amortización se calcula habitualmente multiplicando la depreciación horaria por el tiempo que interviene la máquina en el proceso productivo y la depreciación horaria se calcula como el cociente del precio de la máquina entre su vida útil en horas. Este procedimiento se conoce como método de los rendimientos.

Energía: Gastos en energía ya sea eléctrica o de otro tipo. En los cálculos realizados los gastos en energía se calcularon multiplicando la mitad de la potencia de cada máquina en kw por el tiempo en horas en que se utilizó la misma y este producto a su vez por la tarifa eléctrica correspondiente.

3.2 Componentes del Costo de Fabricación

Los principales elementos del costo de fabricación de un producto cualquiera expresados en forma monetaria son:

El valor de las materias primas o materiales utilizados

Los gastos en salario de los trabajadores

Los gastos producto de la amortización de los equipos y máquinas empleadas

El valor de la energía consumida

Los costos indirectos

3.2.1 Gastos en Materiales

Este elemento del costo es el más importante y sobre el cual recae el mayor peso desde el punto de vista monetario y comprende el valor de todas los materiales empleados en la fabricación. El costo de los materiales se determina de acuerdo con el precio de adquisición, su peso específico y el consumo de unidades. En la Tabla 3.1 y 3.2 se dan estos gastos.

Componentes	UM	Costo por unidad	Cantidad	Importe
Materiales para el apoyo delantero				
Plancha Ct-3 espesor, s=10mm	m ²	81,76	1,17719	96,25
Plancha Ct-3 espesor, s=4 mm	m ²	35,01	9,83073	344,17
Perfil cuadrado 100x100	m	25,36	10	253,60
Electrodos 7018 4mm	U	0,17590	100	17,59
Oxigeno	m ³	1,07	0,6	0,64
Acetileno	m ³	5,699147	0,2	1,14
Sub Total				713,39
Materiales para el apoyo trasero				
Plancha Ct-3 espesor, s=8 mm	m ²	69,45	3,51656	244,23
Plancha Ct-3 espesor, s=6 mm	m ²	58,78	6,10731	358,99
Plancha Ct-3 espesor, s=3 mm	m ²	32,56	5,696602	185,48
Electrodos 7018 4mm	U	0,17590	100	17,59
Oxigeno	m ³	1,07	0,3	0,32
Acetileno	m ³	5,699147	0,1	0,57
Sub Total				807,18
Total				1520,57

Tabla 3.1 Costo de materiales para los apoyos

Componentes	UM	Costo por unidad	Cantidad	Importe
Materiales para el dispositivo del apoyo delantero				
Plancha Ct-3 espesor, s=10 mm	m ²	81,76	0,24	19,62
Barra cuadrada, 50x50	m	30	0,180	5,40
Barra rectangular 112x54	m	53	0,4	21,20
Barra rectangular 62x25	m	48	0,2	9,60
Electrodos 7018 4mm	U	0,17590	50	8,80
Oxigeno	m ³	1,07	0,6	0,64
Acetileno	m ³	5,699147	0,2	1,14
Sub Total				66,40
Materiales para los dispositivos del apoyo trasero				
Plancha Ct-3 espesor, s=10 mm	m ²	81,76	4,626967	378,30
Plancha Ct-3 espesor, s=4 mm	m ²	35,01	0,666	23,32
Barra redonda , 80x270	m	31,65	0,27	8,55
Barra redonda , 25x60	m	9,85	0,06	0,59
Perfil cuadrado 200x265	m	42,01	0,90	37,81
Perfil cuadrado 60x60	m	12,54	0,4	5,02
Perfil cuadrado 30x100	m	11,32	0,16	1,81
Perfil 50x110	m	12,08	1,1	13,29
Electrodos 7018 4mm	U	0,17590	100	17,59
Sub Total				486,27
Total				552,67

Tabla 3.2 Costo de materiales para los dispositivos

3.2.2 Gastos en Salarios

El gasto en salarios depende de la categoría y el número de horas de trabajo de cada uno de los técnicos y obreros que participan en la producción. En la Tabla 3.3 y 3.4 se muestran estos gastos.

Operario	Salario horario (peso\hr)	Tiempo (hr)	Salario (pesos)	Vacaciones (pesos)	Seg. Soc. (pesos)	Gastos Salario
Mecánico de montaje	2,2	2	4,4	0,40	0,67	5,47
Soldador A	2,3	8	18,4	1,67256	2,81	22,88
Pailero A	2,5	2	5	0,45	0,76	6,22
Total						34,57

Tabla 3.3 Gasto de salarios para los apoyos

Operario	Salario horario (peso\hr)	Tiempo (hr)	Salario (pesos)	Vacaciones (pesos)	Seg. Soc. (pesos)	Gastos Salario
Mecánico de montaje	2,2	8	17,6	1,60	2,69	21,89
Soldador A	2,3	2	4,6	0,41814	0,70	5,72
Tornero	2,4	1,3	3,12	0,28	0,48	3,88
Fresador	2,4	15	36	3,27	5,50	44,77
Pailero A	2,5	2	5	0,45	0,76	6,22
Total						82,48

Tabla 3.4 Gasto de salarios para los dispositivos

3.2.3 Costos generados por la amortización de equipos

En el proceso de producción las máquinas sufren un desgaste físico que lleva a la pérdida de propiedades técnicas, productivas del medio de trabajo y un desgaste moral producto del avance científico que provoca la obsolescencia de la misma y que le resta valor al producto. Estos gastos se determinan partiendo de la amortización horaria de cada máquina y del tiempo en horas en que dicha máquina participa en la producción.

Máquina o equipo.	Precio (CUC).	Vida útil (horas).	Dependencia horaria (pesos/hr).	Tiempo utilizado (horas).	Gastos de amortización (horas).
Máquina de soldar	2961,68	20000	0,148084	8	1,18
Equipo de oxicorte	321,53	15000	0,02143533	1	0,02
Pulidora	210,55	10000	0,021055	0,3	0,01
Total					1,21

Tabla 3.5 Amortización máquinas y equipos para los apoyos

Máquina o equipo.	Precio (CUC).	Vida útil (horas).	Dependencia horaria (pesos/hr).	Tiempo utilizado (horas).	Gastos de amortización (horas).
Máquina de soldar	2961,68	20000	0,148084	2	0,30
Torno Univ.	22817,85	20000	1,1408925	1,3	1,48
Segueta mec.	2584,57	20000	0,1292285	1,25	0,16
Fresadora Univ.	14331,8	20000	0,71659	15	10,75
Pulidora	210,55	10000	0,021055	1,55	0,03
Total					12,72

Tabla 3.6 Amortización máquinas y equipos para los dispositivos

$$CA = \frac{\text{Precio.Maq.herramienta.}}{\text{Vida.útil.máquina}} * \text{tiempo.utilizada}$$

3.2.4 Costos generados por el consumo de energía eléctrica

El funcionamiento de una Empresa o Taller es imposible sin el empleo de la energía eléctrica que está presente en casi todos los procesos y cubre las demandas y necesidades de estos. Los gastos de energía dependen de los equipos que intervinieron en el proceso y de las horas en que intervino cada uno. El precio de 1kW - hr se tomó sobre la base de una tarifa diferenciada ajustada para la Empresa de 0.05

CUC/kW – hr. En la Tabla 3.6 se da la relación de los equipos, el tiempo empleado y el gasto en energía de cada uno de ellos y el gasto total de energía.

Máquina o equipo.	Horas de trabajo (horas).	Potencia (kW).	Energía consumida (kW-hr).	Gastos total de energía (CUC).
Máquina de soldar	8	14,58	116,64	5,83
Pulidora	0,3	2,05	0,615	0,03
Total				5,86

Tabla 3.7 Gastos en energía para los apoyos.

Máquina o equipo.	Horas de trabajo (horas).	Potencia (kW).	Energía consumida (kW-hr).	Gastos total de Energía (CUC).
Máquina de soldar	2	14,58	29,16	1,46
Torno Univ.	1,3	28	36,4	1,82
Segueta mec.	1,25	4	5	0,25
Fresadora Univ.	15	7,5	112,5	5,63
Pulidora	1,55	2,05	3,1775	0,16
Total				9,31

Tabla 3.8 Gastos en energía para los dispositivos

Consumo de energía en una jornada de trabajo

$$CE = Ce * Nm * K$$

Donde:

Ce: Costo de electricidad

Nm: Potencia demandada por el motor

K: Cantidad de horas en la fabricación de la pieza

3.2.5 Total de Gastos Directos

El total de Gastos Directos es igual a la suma de los Gastos en Materiales, Soldadura, Salarios, Amortización y Energía. Se tiene que:

Gastos Directos = Gastos en Materiales+ Otros Gastos+ Gastos en Salarios + Amortización máquinas herramientas y otros + Gastos de Energía

Para los dispositivos:

$$\begin{aligned}\text{Gastos Generales} &= 552.67 + 82.48 + 12.72 + 9.31 \\ &= 627.18 \text{ PESOS.}\end{aligned}$$

Para los apoyos:

$$\begin{aligned}\text{Gastos Generales} &= 1520.57 + 34.57 + 1.21 + 5.86 \\ &= 1562.21 \text{ PESOS.}\end{aligned}$$

3.2.6 Total de Gastos indirectos

Los gastos indirectos son aquellos en que incurre la empresa producto de las gestiones de dirección, administración, servicios generales, transporte de personal, iluminación, etc. Los cuales hay que cargárselos a los gastos de producción. Estos se estiman como regla como el 30 % de los gastos directos.

Para los dispositivos:

$$\begin{aligned}\text{Gastos indirectos} &= 0.3 \times \text{Gastos Directos} \\ &= 0.3 \times 627.18 \\ &= 188.15 \text{ PESOS}\end{aligned}$$

Para los apoyos:

$$\begin{aligned}\text{Gastos indirectos} &= 0.3 \times \text{Gastos Directos} \\ &= 0.3 \times 1562.21 \\ &= 468.66 \text{ PESOS}\end{aligned}$$

3.3 Costo de fabricación total

El costo de fabricación es definitivamente la suma de los gastos directos más los indirectos, o sea:

Para los dispositivos:

$$\begin{aligned}\text{Costo de fabricación} &= \text{G.D.} + \text{G.I.} \\ &= 627.18 + 188.15 \\ &= 815.33 \text{ PESOS.}\end{aligned}$$

Para los apoyos:

$$\begin{aligned}\text{Costo de fabricación} &= \text{G.D.} + \text{G.I.} \\ &= 1562.21 + 468.66 \\ &= 2048.87 \text{ PESOS.}\end{aligned}$$

3.4 Conclusiones parciales

La construcción de los dispositivos tendrá un costo de 815.33 pesos pero permitirá una disminución de 75 % del tiempo de ensamblaje, marcando un gran ahorro a largo plazo y haciendo más productiva la empresa. El costo de fabricación de los apoyos es de 2048.87 pesos lo que nos permite ahorrarnos por concepto de sustitución de importaciones 540.37 pesos, que constituye una consecuente línea con lo que nos está pidiendo el País.

Conclusiones

1. La búsqueda bibliográfica realizada permitió considerar todos los productos de la firma Baryval y algunos de los datos técnicos que se utilizaron en el trabajo.
2. El diseño de los dispositivos para el ensamblaje de los dos apoyos el delantero y el trasero permitió un indiscutible ahorro de tiempo que se traduce en un aumento de la economía para la entidad.
3. El uso de un nuevo esquema de análisis para la determinación de las condiciones de apoyos para el chasis de la hormigonera, permitió ubicar la posición más recomendable para la realización del empalme del mismo.
4. La aplicación de la metodología general para el cálculo de las tensiones en uniones soldadas mixtas desarrollada por este colectivo de mecánica aplicada, permitió determinar las condiciones de seguridad en los cordones, tanto de la unión propia, como de los refuerzos laterales.
5. El impacto económico del trabajo realizado permite valorar de positivo la inversión en los materiales, tanto de los dispositivos para ensamblaje como para los apoyos.

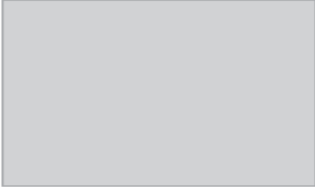
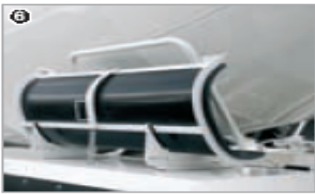
Recomendaciones

1. Aplicar y evaluar los resultados de esta investigación en el diseño de la concretera adaptada a las condiciones cubanas.
2. Construir los dispositivos y seguir la metodología para el ensamblaje de los apoyos.
3. Utilizar los planos y piezas de los apoyos creadas en el programa Autodesk Inventor incluyendo los ensambles y animaciones en 3D de los dispositivos para una mejor comprensión en futuras investigaciones.

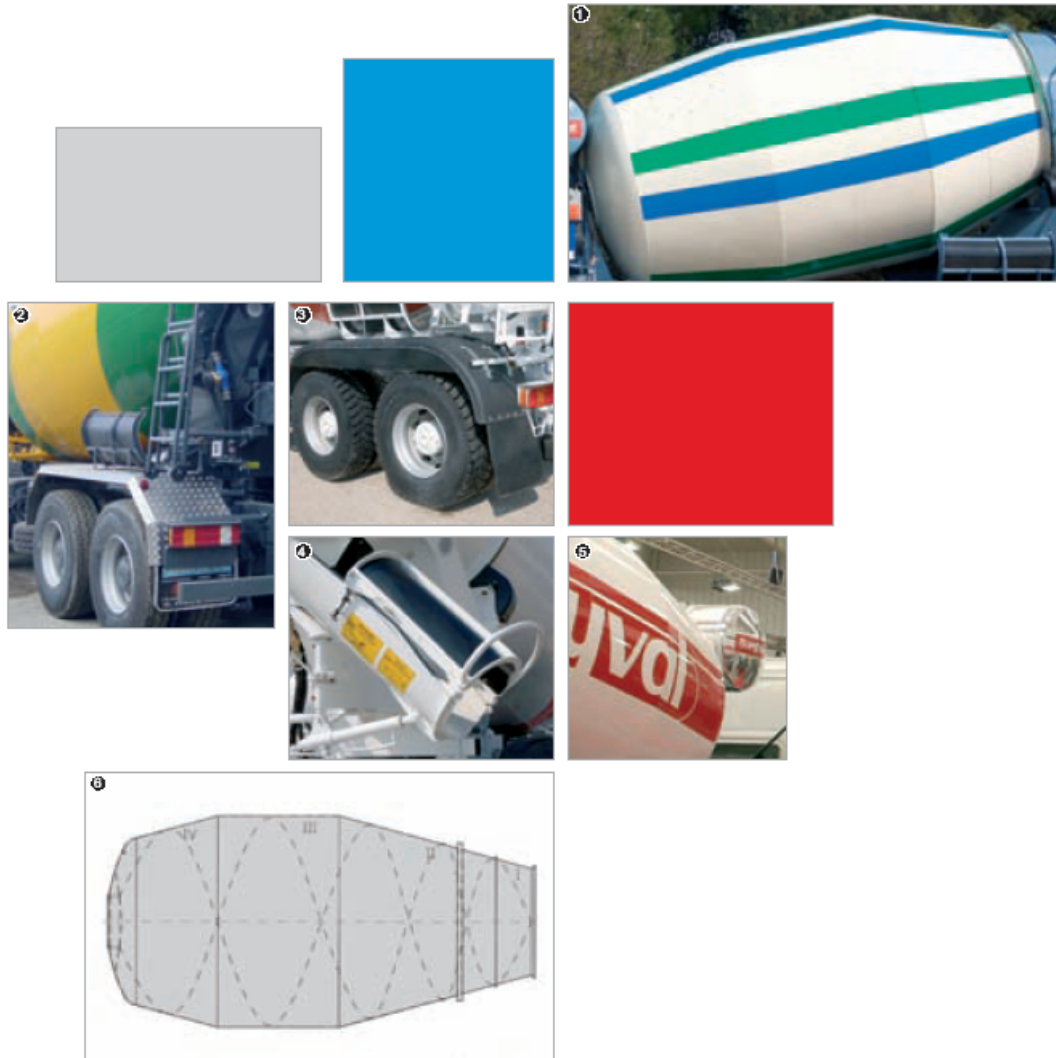
- Manual de mantenimiento y servicios de Hormigoneras Baryval.* (2009). Madrid: SERVIPLEM S.A.
- ARKHYS. (s.f.). Recuperado el 16 de abril de 2011, de www.arqhys.com
- Dobrovolski, V. (1970). *Elementos de máquinas*. Moscú: MIR.
- Espinosa, A. (2006). *Modelo matemático para describir el paso del bagazo por entre las mazas y las cargas que obran sobre los elementos de los molinos de caña de azúcar*. Tesis Doctoral, Universidad Central de las Villas, Santa Clara.
- Fang, H. (1991). *Foundation engineering*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Feodosiev, V. (1985). *Resistencia de materiales*. Moscú: MIR.
- Hansted, H. (2003). *The civil engineering handbook*. New York: CRC Press.
- Levy, G. (1992). *Resistencia de materiales, 1*. La Habana: Pueblo y Educación.
- López, D. (2009). *Nuevo esquema de análisis para el cálculo de las fuerzas internas y los desplazamientos en los rotores de las bombas de cavidad progresiva*. Tesis de Diploma, Universidad de Cienfuegos.
- N Arzola, R Goytisoló. (2002). *Determinación experimental del coeficiente de rigidez del bagazo*. Informe de Investigación, Universidad de Cienfuegos, Facultad de Mecánica.
- N Arzola, R. G. (2005). *New analysis scheme and procedure for prediction of the sugar mill shaft failure*. Orlando, Florida: Editorial ASME.
- Niemann, G. (1967). *Tratado teórico práctico de elementos de máquinas*. Madrid: Labor SA.
- Pisarenko, G. (1989). *Manual de resistencia de materiales*. Moscú: MIR.
- Reshetov, D. (1985). *Elementos de máquina*. La Habana: ISPJAE.
- Shannley, F. (1971). *Mecánica de materiales*. United State: McGraw-Hill.
- Stiopin, P. (1979). *Resistencia de materiales*. Moscú: MIR.

Anexos 1: Datos de la hormigonera.

OPCIONALES SEGURIDAD Y CONFORT

		
		
		
	1 - Dispositivo de sujeción del tambor. 2 - Sistema de seguridad entre canal giratoria y abatible. 3 - Sistema de seguridad del tambor para realizar reparaciones en su interior. 4 - Cierre medio o completo del tambor, para el transporte de materiales fluidos. 5 - Peldaño en antiempotramiento. 6 - Soporte de canal con protección integrado. 7 - Mandos: 7.1-Actuadores lineales: Accionamiento de la hormigonera mediante mandos eléctricos.	
	Regula el sentido de giro y velocidad del tambor. 7.2-Sistema de Revoluciones Constantes (C.S.D.) SAUER, incorporando Mando Cento: Regula las revoluciones constantes de giro del tambor, independientemente de las revoluciones del camión.	
		
		Sistema que integra además de las funciones del C.S.D., la presión del circuito hidráulico y dispone de un visor de revoluciones de giro del tambor.

ALIGERAMIENTO



OPCIONALES DE ALIGERAMIENTO

- 1 – Tambor DOMEX WEAR (DX WEAR), 3 mm.
- 2 – Guardabarros de aluminio.
- 3 – Guardabarros de polietileno.
- 4 – Canal abatible de polietileno.
- 5 – Depósito de aluminio.
- 6 – Paso de palas especial.

OPCIONALES LIMPIEZA



OPCIONALES DE LIMPIEZA

- 1 – Cerramientos traseros. Sencilla limpieza.
- 2 – Cubre chasis de polietileno.
- 3 – Cierre guardabarros de polietileno.
- 4 – Montaje con bomba de agua.
- 5 – Accionamiento manguera de agua desde la escalera.
- 6 – Contador de agua.

OTROS COMPLEMENTOS



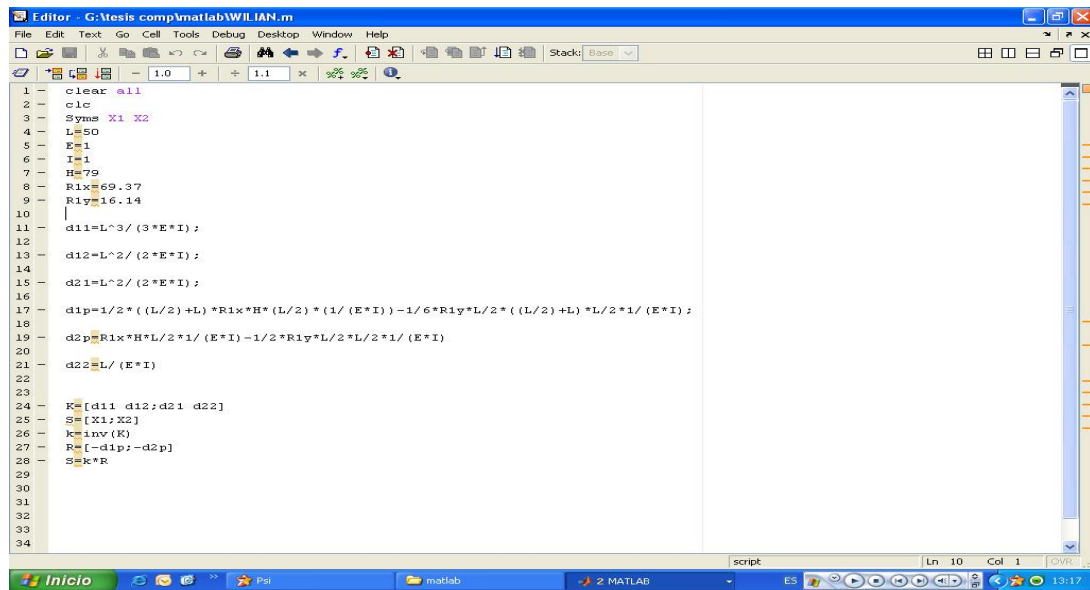
OTROS COMPLEMENTOS:

- 1 – Depósito de aditivos presurizado.
- 2 – Tolvin y tubería para la reducción de hormigón líquido.
- 3 – Foco trasero: mayor comodidad en la limpieza.
- 4 – Caja de herramientas.
- 5 – Husillo hidráulico.
- 6 – Compuerta de la canal.
- 7 – Porta-extintor.
- 8 – Chapa protección.
- 9 – Manómetro de presión trasero.

SERVIPLEN, S.A.

Tu mejor Socio

Anexos 2: Tablas.

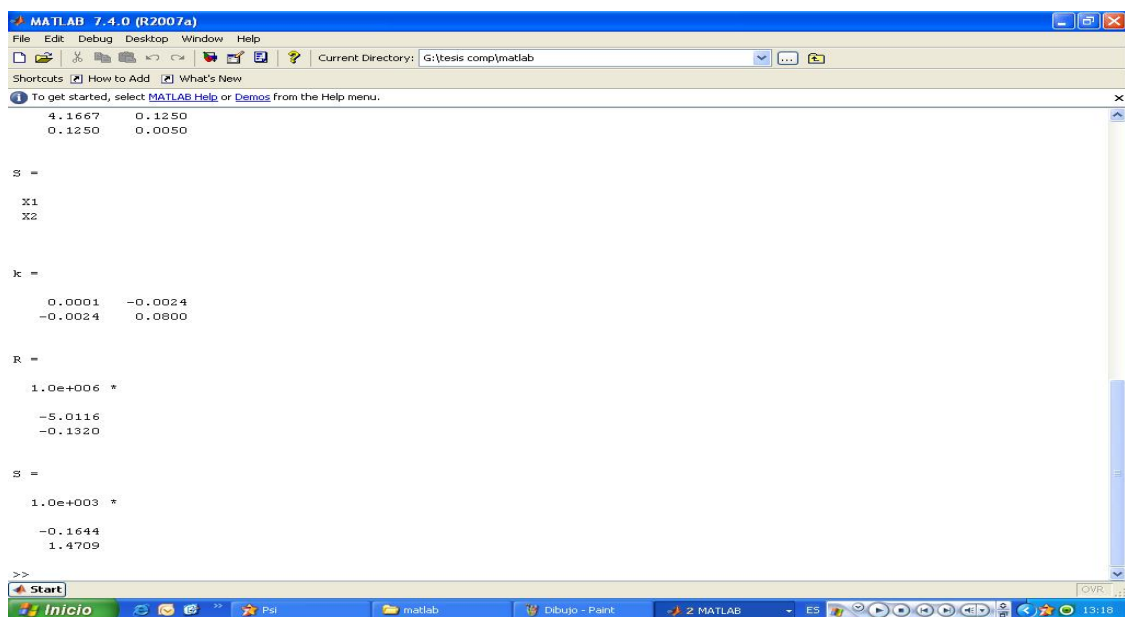


```

1 clear all
2 clc
3 syms X1 X2
4 L=50
5 E=1
6 I=1
7 H=79
8 R1x=69.37
9 R1y=16.14
10
11 d11=L^3/(3*E*I);
12
13 d12=L^2/(2*E*I);
14
15 d21=L^2/(2*E*I);
16
17 d1p=1/2*((L/2)+L)*R1x*H*(L/2)*(1/(E*I))-1/6*R1y*L/2*((L/2)+L)*L/2*1/(E*I);
18
19 d2p=R1x*H*L/2*1/(E*I)-1/2*R1y*L/2*L/2*1/(E*I)
20
21 d22=L/(E*I)
22
23
24 K=[d11 d12;d21 d22]
25 S=[X1;X2]
26 k=inv(K)
27 R=[-d1p;-d2p]
28 S=k*R
29
30
31
32
33
34

```

Tabla Ecuaciones canónicas en MATLAB.



```

4.1667    0.1250
0.1250    0.0050

S =

X1
X2

k =

    0.0001    -0.0024
   -0.0024    0.0800

R =

1.0e+006 *

   -5.0116
   -0.1320

S =

1.0e+003 *

   -0.1644
    1.4709

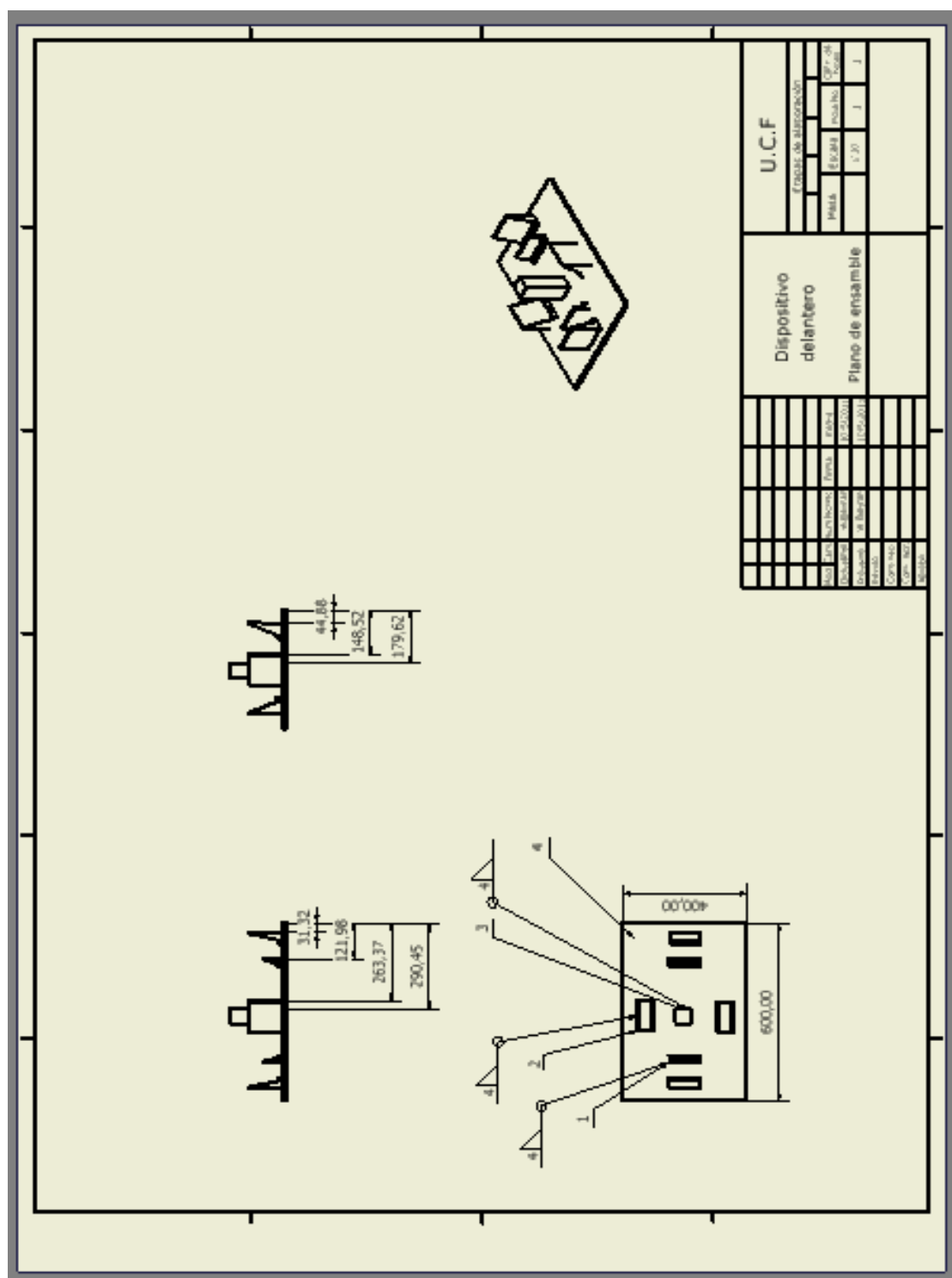
>>

```

Tabla Ecuaciones canónicas en MATLAB.

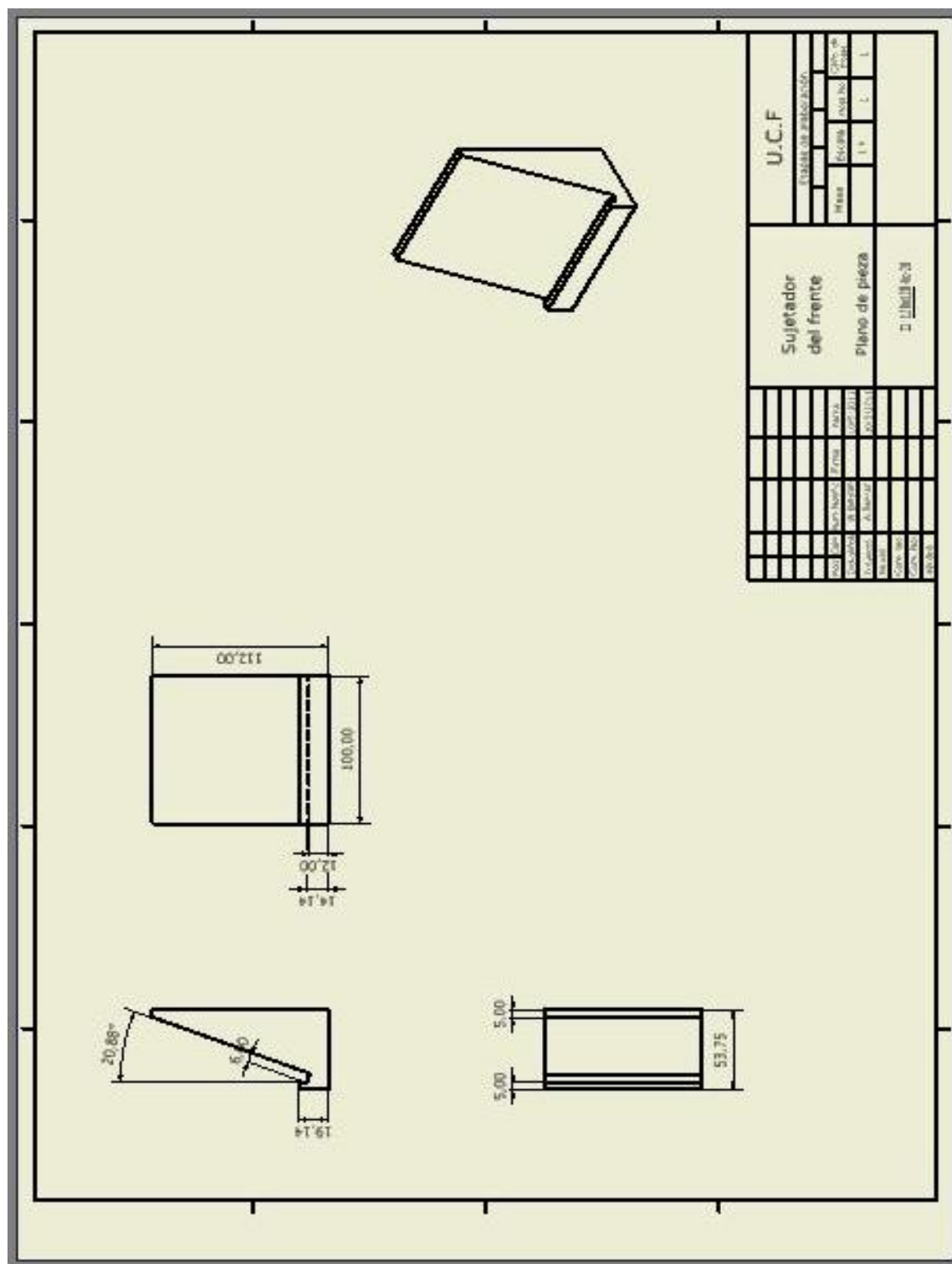
Anexo 3: Planos de piezas

[illegible]









68



