



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE LATAS DE ALUMINIO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA MECATRÓNICA

PRESENTA:

ORTIGOZA DÍAZ JESSICA LIZBETH

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTAN:

**CANCINO CHACÓN JORGE
TEUFFER ZÚÑIGA LUIS
VILLEDA FERRER MARTÍN**

ASESOR:

DR. LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ



MÉXICO, D.F. ABRIL DEL 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABLAS	XVI
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
METODOLOGÍA DE DISEÑO	3
CAPÍTULO 1 ESTUDIO DE MERCADO	4
1.1 COMPACTACIÓN INDIVIDUAL.....	4
1.2 COMPACTACIÓN MASIVA	6
1.3 ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	10
CAPÍTULO 2 PRIMERA ITERACIÓN DE DISEÑO	13
2.1 DISEÑO CONCEPTUAL.....	14
2.1.1 <i>Lluvia de Ideas</i>	14
2.1.2 <i>Árboles de Objetivos y Factores de Peso</i>	20
2.1.3 <i>Matrices de Decisión</i>	27
2.2 DISEÑO DE DETALLE.....	34
2.2.1 <i>Selección de Material y Procesos de Manufactura</i>	34
2.2.2 <i>Costos de Manufactura</i>	35
2.2.3 <i>Costo por Parte</i>	36
2.3 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA	37
2.4 ANÁLISIS DE LA PRIMERA ITERACIÓN DE DISEÑO	38
2.5 CASA DE LA CALIDAD	39
2.6 PROPUESTAS DE VENTAJAS COMPETITIVAS.....	39
CAPÍTULO 3 REDISEÑO DEL SISTEMA COMPACTADOR.....	40
3.1 DISEÑO CONCEPTUAL.....	40
3.1.1 <i>Lluvia de Ideas</i>	41
3.1.2 <i>Matriz Morfológica</i>	44
3.1.3 <i>Árboles de Objetivos y Factores de Peso</i>	46
3.1.4 <i>Matrices de Decisión</i>	50
3.2 DISEÑO DE DETALLE.....	53
3.2.1 <i>Selección de Material y Procesos de Manufactura</i>	54
3.2.2 <i>Costos de Manufactura</i>	59
3.2.3 <i>Costo por Parte</i>	59
CAPÍTULO 4 REDISEÑO DEL SISTEMA DISPENSADOR.....	61
4.1 DISEÑO CONCEPTUAL.....	61
4.1.1 <i>Lluvia de Ideas</i>	62
4.1.2 <i>Matriz Morfológica</i>	65
4.1.3 <i>Árboles de Objetivos y Factores de Peso</i>	66

4.1.4 Matrices de Decisión.....	68
4.2 DISEÑO DE DETALLE.....	71
4.2.1 Selección de Material y Procesos de Manufactura.....	71
4.2.2 Costos de Manufactura.....	76
4.2.3 Costo por Parte.....	77
CAPÍTULO 5 SISTEMA ELECTRÓNICO	79
5.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	83
5.2 SISTEMA DISPENSADOR.....	84
5.3 SISTEMA COMPACTADOR.....	85
5.4 SISTEMA EXPULSOR	86
5.5 SISTEMA ACUMULADOR.....	87
5.6 DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS.....	87
CAPÍTULO 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	90
6.1 ANÁLISIS DE PROTOTIPOS.....	90
6.1.1 Sistema de Alimentación	92
6.1.2 Sistema Almacenador.....	93
6.1.3 Sistema Dispensador.....	94
6.1.4 Sistema Compactador.....	95
6.1.5 Sistema Expulsor.....	96
6.1.6 Sistema Acumulador.....	96
6.2 PRUEBAS.....	98
6.2.1 Pruebas de Compactación.....	98
6.2.2 Pruebas de Volumen de Compactación.....	100
6.3 CONCLUSIONES.....	102
6.4 TRABAJO FUTURO.....	104
ANEXO A DESARROLLO DE LA CASA DE LA CALIDAD	105
ANEXO B PRUEBAS DE CARGA A LATAS.....	106
B.1 PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL.....	106
B.2 PRUEBA DE COMPRESIÓN HORIZONTAL.....	107
B.3 PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL DE LATAS DAÑADAS.....	108
B.4 PRUEBA DE COMPRESIÓN HORIZONTAL DE LATAS DAÑADAS.....	109
ANEXO C MEMORIA DE CÁLCULO.....	110
C.1 TORNILLO SIN FÍN.....	110
C.2 PRENSA (MECANISMO COMPACTADOR DE LATAS).....	111
ANEXO D PLANOS DE LA MÁQUINA.....	115
ANEXO E MEJORAS AL SISTEMA COMPACTADOR.....	153
REFERENCIAS.....	162
REFERENCIAS DE IMÁGENES	165

Agradecimientos

Cancino Chacón Jorge

Primero quiero agradecer a la UNAM y a la Facultad de Ingeniería por darme todos los conocimientos, educación profesional e instalaciones para trabajar y estudiar óptimamente.

A San Dádivo y San Correcto por ayudarnos a que funcionara la máquina en los momentos más críticos y faltos de fé.

A las tres Dianas en mi vida. La primera de éstas, mi señora madre, a la cual le agradezco el tiempo, las palabras, el cariño y esperanzas que ha derrochado en mí... probablemente sin ella no hubiese llegado a este punto en mi vida. La segunda es mi novia, la Ingeniera Diana Espinoza, quien me enseñó un mundo más feliz y encantador para vivir, por su tiempo conmigo, y la gran ayuda, emocional y escolar, que ha sido en este año de estar juntos; mis locuras no tienen sentido sin ella. La tercera es mi prima, Diana Chacón, la cual es el mejor ejemplo a seguir que existe. Ella me enseñó que por más abajo que uno llegue, siempre con una buena cara, actitud y valentía, se pueden superar todos los obstáculos, dolencias y miedos (Además de pagar mi carrera universitaria e idiomas en el CELE).

A mi señor padre por apoyarme en mis estudios, teniendo fe en que algún día acabaría esto y por nunca restringirme nada, a pesar de su cansancio. A Maru (mi hermana), por ser mi confidente y estar siempre conmigo... aunque crea que soy un vago. A Carlos por ser el hermano que muchos desearían tener, mi compañero de juegos y mi único acompañante en mis desvelos (aunque estuviera viendo anime y yo haciendo series o prácticas), por ayudarme aunque esté lejos y no permitir que me durmiera mientras él manejaba. A las perritas Zyanya y Fantine por no dejarme solo en mi sueño y enfermedad, siempre moviendo su rabito y levantándome el ánimo.

A los que ya se fueron: Mi abuelita Luz, a quien quiero y extraño más allá del Sol. A mi tío Rodrigo, que fue una gran inspiración y ayuda al realizar mis estudios.

A los que siempre me han apoyado como el tío Juan Carlos, mi segundo padre y maestro, quien ha estado conmigo en cada etapa de mi vida, siendo un tío protector y cariñoso; mis tíos Pancho, Chavo y Meni por su cariño, por asesorarme un sinnúmero de veces, ayudándome en proyectos escolares y resolviendo dudas.

A mi asesor, el Dr. Leopoldo González González por dedicarle tiempo a leer, corregir y mejorar esta tesis. Al Ing. Miguel Ángel Hernández por su gran ayuda con la manufactura del prototipo y su asesoría en tantos aspectos técnicos del diseño final, además de hacernos más selectivos con las palabras que usamos al hablar.

A mis compañeros, colaboradores y amigos de la tesis: Jessica, Luis y Martín, que intentaron quitarme la negatividad... sin muchos resultados. Su organización, trabajo arduo y conocimientos ayudaron a que la realización de esta tesis fuera lo más satisfactoria posible. Con ustedes sufrí, me divertí, aprendí, comí y sentí siempre su apoyo; los consideraré el mejor equipo con el que podría haber trabajado, aunque me envíen por tierra de panteón para hacer brujería en noches de luna llena.

A mis amigos de la CCB: Jessica María, Chaneke, Peter, Stitch, Chompis, Edwin, Andrés, Fernanda María, Edna, Quique, Mani, Martín, Luis, Charly, Fieshe y Chucho, los cuales aderezaron mi estancia en la Facultad con amistad, compañerismo y diversión. Esas tardes, noches y madrugadas trabajando en proyectos en el CDM no hubiesen sido lo mismo sin ellos.

A mis amigo(a)s: Irene, Eric, Daniel, Alicia, Mariana (ambas), Andrea, Daniela, Carlitos, Toño, Rafa, Jerónimo, ya que siempre es agradable hablar con ellos y siempre nutren mi vida con nueva información, vivencias y mucha risa.

Ortigoza Díaz Jessica Lizbeth

A Dios, por haberme dado la oportunidad de vivir y haberme acompañado a lo largo de mi carrera, y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres, Lourdes y Laurencio, los cuales son una bendición de Dios, gracias por su apoyo, por sus consejos, por compartir mis tristezas y alegrías, por todo su amor, por sus preocupaciones al querer que sea mejor día con día; gracias por darme sus vidas en cada paso, en cada pensamiento, en cada acción. Sin ustedes yo no sería lo que soy ahora. Gracias por enseñarme a seguir mis sueños; a ustedes papá y mamá, les debo la vida y el que sea un ser humano feliz e íntegro, los amo.

A mi hermano, Eduardo, por ser parte importante de mi vida y por alentarme a ser un ejemplo de vida para él.

A mi primo, Arturo Urbina, gracias por su ejemplo, consejos y, sobretodo, por enseñarme que no hay límites, que lo que me proponga lo puedo lograr y que solo depende de mí.

A mi familia, deseo también expresar todo mi agradecimiento por su apoyo incondicional, cariño y por siempre creer en mí a lo largo de este trayecto.

A mis compañeros de tesis y amigos: Jorge Cancino, Luis Teuffer y Martín Villeda, porque sin su apoyo y comprensión no hubiese sido posible este proyecto. Gracias por los buenos momentos que hemos compartido, creo que todos hemos aprendido continuamente de todos y de nosotros mismos, tanto profesional como personalmente.

A mis profesores, el Dr. Leopoldo por su dedicación y apoyo, quién con sus conocimientos y su experiencia supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación; Ing. Miguel Hernández por su apoyo y su amistad; a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

A mi querida UNAM, gracias por haber sido mi segunda familia, mi orgullo, testigo de innumerables experiencias durante mi estancia en la misma, las cuales serán inolvidables, y por darme la oportunidad de conocer grandes seres humanos. Por ello, seguiré honrando con placer y honor los colores azul y oro, y siempre llevaré muy en alto su nombre.

A mis queridos amigos: Alejandro Pérez, Andrés Ortega, Andrés Ríos, Ariana Martínez, Berenice Méndez, Carlos Escobar, César Guerrero, Cristian Rangel, Diana Espinosa, Edna Sánchez, Enrique Cabrera, Fernanda Ledesma, Fernanda Suazo, Itzchel Escobar, Itzel Sánchez, Jorge Cancino, Juan Flores, Luis López, Luis Teuffer, Mariana Nieto, Martín Villeda, Pedro Gálvez, Rosina Bolaños, Selene Rodríguez, por haberme permitido entrar en sus vidas, por compartir buenos y malos momentos, y por todas las experiencias que hemos vivido juntos y de las cuales he aprendido mucho. Quiero que sepan que no importa el camino por el cual la vida nos lleve, nunca los olvidaré y siempre los recordaré con gran afecto.

Teuffer Zúñiga Luis

A mi familia, por darme su apoyo incondicional, comprensión y cariño en todo momento.

A mi asesor de tesis el Dr. Leopoldo González González, por habernos brindado su tiempo, consejo y observaciones a lo largo del proyecto.

Al Ingeniero Miguel Ángel Hernández por su gran ayuda, consejo y entusiasmo a lo largo de la realización del proyecto, además de brindarme su confianza y conocimientos durante mi estancia en “el cubil”.

A mis amigos y compañeros de la facultad: Gisela, César (Chanek), Carlos, Mariana, Chucho, Juan de Dios, Andrés, Luis, Cristian, Fernanda, Alejandro (Mijo) por haber sido como una segunda familia a lo largo de la carrera, por los momentos difíciles y divertidos que pasamos juntos, además de tantos desvelos y vivencias.

A Pedro (Peter) uno de mis grandes amigos de la facultad y miembro del “equipo Beta”, por hacerme reír, inducirme de nuevo a los videojuegos, darme tantos consejos y brindarme su incondicional ayuda.

A mis amigos del CCH en especial a Victor (Pancho), Juan (Pantera), Marcos y Caro por su interés y apoyo a lo largo de mi carrera.

Jess “La jefa”, por haber sido una excelente amiga a lo largo de la carrera y siempre ver el lado bueno de las cosas, gracias por meter orden y organización en el equipo (jeje).

Jorge “Chorch”, por enseñarme que podría estar lloviendo... Pero sobre todo por tus locuras, conflictos y amistad.

Martín, por haber sido un gran amigo, compañero y parte fundamental en mi formación en la carrera. Que siempre te acompañen el gordo y la bruja .

Al Polo team: Por compartir tanto tiempo, esfuerzo, alegrías, fracasos, cansancio, desvelos, risas y hasta aventuras, por aguantar mis locuras, desatinos, errores, aciertos y demás cosas a lo largo de la tesis, sin ustedes esto no sería posible.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme una formación excepcional y permitirme formar parte de esta gran institución.

A la facultad de Ingeniería, por explotar al máximo mis capacidades y ser una parte fundamental en mi formación.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron, confiaron en mí y no dejaron que me desanimara, me gustaría ponerlos, pero afortunadamente fueron tantos que no cabrían.

Villeda Ferrer Martín

A mi padre Martín Villeda Pacheco y a mi madre Catalina Ferrer Hernández por estar siempre presentes durante mis triunfos y fracasos así como cuidarme y procurarme con el paso de los años en las diferentes etapas de mi vida; por compartir sus consejos para que llegar a ser la persona que soy hoy en día, ya que ellos son la motivación principal para terminar la carrera y seguir adelante.

A mi familia que siempre estuvieron motivándome para que no me rindiera y terminara la carrera como ya lo hice, dándome consejos y perdonándome las faltas a las reuniones familiares por cuestiones académicas.

A Edith Martínez Padilla por acompañarme en momentos importantes de mi vida y estar conmigo en gran parte del bachillerato así como en la carrera, es una de mis motivaciones, las cuales me ayudaron para terminar con éxito la carrera y para seguir adelante.

Al Ing. Miguel Ángel Hernández por su apoyo cuando lo necesitamos en la manufactura del proyecto, así como también por aconsejarnos y guiarnos por el mejor camino para lograr que este proyecto saliera de manera exitosa. Además por compartir sus conocimientos y experiencias, las cuales fueron de mucho aprendizaje para mí.

A nuestro asesor el Dr. Leopoldo González González por dedicar parte de su tiempo en atendernos y asesorarnos para que el proyecto fuera un éxito en sus distintas etapas.

A mis amigos y compañeros Alejandro Pérez, Cesar Guerrero, Carlos Escobar, Mariana Nieto, Fernanda Suazo que estuvieron presentes durante la carrera con los cuales vivimos experiencias buenas y malas, dentro y fuera de las aulas de clase; con los que viví experiencias inolvidables y de mucho aprendizaje.

A Pedro Gálvez por ser además de un compañero un gran amigo el cual estuvo pendiente del avance del proyecto y aportó buenos consejos para que pudiéramos terminar el proyecto.

A Gisela Coronilla por ser una buena amiga que nos apoyó cuando era necesario y levantarnos el ánimo siempre que nos veía decaídos con sus frases célebres.

A Jessica Ortigoza, Jorge Cancino y Luis Teuffer que además de ser mis compañeros de tesis fueron grandes amigos y compañeros con los que viví grandes experiencias buenas y malas así como divertidas y tristes pero siempre saliendo adelante como un buen equipo.

Dedicatorias

Cancino Chacón Jorge

Dr. Frederick Frankenstein: What a filthy job.

Igor: Could be worse.

Dr. Frederick Frankenstein: How?

Igor: Could be raining...

Gene Wilder y Mel Brooks. Young Frankenstein (1974).

A mis salvadores: Mis tíos Rodrigo, Pancho y Chavo.

A mis señores padres.

Esta tesis está respetuosamente dedicada a la memoria del señor Elias Howe, quien en 1846 inventó la máquina de coser.

Ortigoza Díaz Jessica Lizbeth

*"Never consider the study as a
duty but as an opportunity to
enter the beautiful and wonderful
world of knowledge"*

Albert Einstein

Este trabajo se lo dedico a mis padres y a todas las personas que pasaron por mi vida y me dieron su apoyo y palabra de aliento, su abrazo, cariño y fuerza para que se lograra el objetivo de ser una gran profesional y una mejor persona. Gracias a todos los que creyeron en mí.

Teuffer Zúñiga Luis

"...in this dawn of victory..."

A Dios por darme fortaleza y paciencia cuando más lo necesité, por todas las bendiciones, obstáculos y pruebas que me permitieron forjarme en lo que ahora soy.

A mis padres Luis y Silvia, a ustedes más que a nadie les dedico este trabajo, gracias por brindarme su apoyo incondicional en todos los aspectos a lo largo, no solo de la carrera, sino de mi vida. Por su comprensión cuando pasaba por ratos difíciles, por sus felicitaciones en mis logros y por siempre alentarme a no darme por vencido.

A mis hermanas Claudia y Laura por apoyarme en cuanto pudieron y darme siempre su mejor consejo pero sobre todo por ser como son.

A mis amigos (por no decir hermanos) de Petroville, por arrancarme risas y carcajadas cuando más lo necesitaba, por todas las cosas locas que hemos pasado, además de su interés a lo largo de toda la carrera y sobre todo a lo largo de la tesis. Son una parte fundamental para mi. (Me hubiera gustado escribirles individualmente....pero son muchos).

A Damaris, por darme tanto afecto, cariño y amor a lo largo de esta etapa; por apoyarme incondicionalmente en los momentos más duros y estar conmigo en los mejores. Sobre todo por tu paciencia y comprensión en las ausencias a lo largo de la carrera. Eres una parte esencial en mi vida.

A uno de mis mejores amigos (y casi hermano) José Carlos (Choche), por tantos buenos recuerdos y por estar pendiente a pesar de los horarios y tiempos, sabes que siempre cuentas conmigo.

A toda familia por darme su apoyo y estar pendiente en todo momento, en especial a mi tío Enrique por darme tantos consejos y siempre alentarme a dar lo mejor de mí; a mi tío Miguel, por estar siempre pendiente y tu interés.

Villeda Ferrer Martín

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de la Comunidad Universitaria y darme la oportunidad de haber sido formado como Ingeniero en la Facultad de Ingeniería que cuenta con profesores de gran calidad profesional y humana.

A mi padre Martín Villeda Pacheco y a mi madre Catalina Ferrer Hernández porque creyeron en mí en todo momento, sin su ayuda no habría podido lograrlo y alcanzar mi meta ya que siempre estuvieron motivándome a lo largo de mi carrera.

Al resto de mi familia, amigos, compañeros y profesores que siempre creyeron en mí y no me dejaron rendirme en ningún momento ya que siempre estuvieron animándome para que siguiera adelante y lograr terminar con éxito esta etapa de mi vida.

Lista de Figuras

Figura 1 Aspecto de una fábrica de reciclado en México [1]	1
Figura 2 Acumulación de latas no compactadas.....	2
Figura 3 Acumulación de latas compactadas.....	2
Figura 1.1 “Aplastador de Latas” [3].....	5
Figura 1.2 “Prensa-Latas PL008” [4]	5
Figura 1.3 “PETer Bottle Compactor” [5]	5
Figura 1.4 Compactadora “Intimus 519” [6].....	6
Figura 1.5 “Prensa de Latas 101 MIL-TEK” [7].....	6
Figura 1.6 Compactadora “Intimus 519” [8].....	7
Figura 1.7 “Compactador Residuos FL80” [9]	7
Figura 1.8 Prensa “MACFAB 40” [10]	8
Figura 1.9 Prensa “MACFAB 60” [10].....	8
Figura 1.10 Prensa “MACFAB 75” [10].....	9
Figura 1.11 Prensa Latas “BRAMIDAN” [11].....	9
Figura 2.1 Diagrama de caja negra de la Máquina Compactadora.....	13
Figura 2.2 Diagrama de sistemas de la primera iteración de diseño de la Máquina Compactadora	14
Figura 2.3 Lluvia de Ideas del Sistema de Alimentación.....	15
Figura 2.4 Lluvia de Ideas del Sistema Almacenador.....	16
Figura 2.5 Lluvia de Ideas del Sistema Dispensador	17
Figura 2.6 Lluvia de Ideas del Sistema Compactador.....	18
Figura 2.7 Lluvia de Ideas del Sistema Expulsor	19
Figura 2.8 Lluvia de Ideas del Sistema Acumulador.....	20
Figura 2.9 Árbol de objetivos ponderado del Sistema de Alimentación.....	21
Figura 2.10 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Almacenador	22
Figura 2.11 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Dispensador.....	23
Figura 2.12 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Compactador.....	24
Figura 2.13 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Expulsor	25
Figura 2.14 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Acumulador	26
Figura 2.15 Diagrama esquemático de la Máquina Compactadora.....	33
Figura 2.16 Dibujo de la primera iteración de diseño de la máquina.....	33
Figura 2.17 Diagrama de flujo del principio de funcionamiento del primer prototipo de la máquina	37

Figura 3.1 Lluvia de Ideas del Subsistema Reductor de Volumen	41
Figura 3.2 Lluvia de Ideas del Subsistema de Contención de Latas	42
Figura 3.3 Lluvia de Ideas del Subsistema de Transmisión de Potencia	43
Figura 3.4 Lluvia de Ideas del Subsistema Motriz.....	44
Figura 3.5 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Reductor de Volumen	46
Figura 3.6 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema de Contención de Latas	47
Figura 3.7 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema de Transmisión de Potencia.....	48
Figura 3.8 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Motriz.....	49
Figura 3.9 Árbol de objetivos ponderado del material del Subsistema de Contención de Latas	54
Figura 3.10 Árbol de objetivos ponderado de la Prensa	56
Figura 3.11 Análisis de esfuerzos de la placa móvil	58
Figura 3.12 Análisis de desplazamiento de la placa móvil.....	58
Figura 4.1 Lluvia de Ideas del Subsistema Dosificador	62
Figura 4.2 Lluvia de Ideas del Subsistema Direccionador.....	63
Figura 4.3 Lluvia de Ideas del Subsistema Motriz.....	64
Figura 4.4 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Dosificador	66
Figura 4.5 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Direccionador.....	67
Figura 4.6 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Motriz.....	68
Figura 4.8 Árbol de objetivos ponderado del eje del Subsistema Dosificador	71
Figura 4.10 Árbol de objetivos ponderado de las aspas del Subsistema Dosificador	73
Figura 4.11 Árbol de objetivos ponderado de la rampa del Subsistema Direccionador.....	75
Figura 5.1 Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento de la máquina.....	81
Figura 5.3 Vista superior de la máquina.....	82
Figura 5.4 Microswitch de la puerta del Sistema de Alimentación	83
Figura 5.5 Solenoide activado	83
Figura 5.6 Solenoide desactivado	83
Figura 5.7 Fotorresistencias del Sistema Dispensador	84
Figura 5.8 Láseres del Sistema Dispensador.....	84
Figura 5.9 Haz de luz de los láseres incidiendo en las fotorresistencias.....	84
Figura 5.10 Encoder y sensor óptico del Sistema Dispensador.....	85
Figura 5.11 Microswitch que indica que la prensa está cerrada.....	85
Figura 5.12 Microswitch que indica que las latas se han compactado.....	86
Figura 5.13 Potenciómetro acoplado al eje de la placa expulsora y al motor.....	86
Figura 5.14 Microswitch del cajón para acumular las latas compactadas.....	87
Figura 5.15 PCB de botones manufacturado y montado.....	87
Figura 5.16 PCB de comparadores manufacturado y montado.....	88
Figura 5.17 PCB del microcontrolador manufacturado y montado	88

Figura 5.18 PCB de potencia manufacturado y montado	89
Figura 5.19 PCB de potencia compactador manufacturado y montado	89
Figura 6.1 Prototipo de la primera iteración de diseño	91
Figura 6.2 Prototipo de la segunda iteración de diseño.....	91
Figura 6.3 Sistema de Alimentación del primer prototipo.....	92
Figura 6.4 Sistema de Alimentación del segundo prototipo.....	92
Figura 6.5 Sistema Almacenador del primer prototipo.....	93
Figura 6.6 Sistema Dispensador del segundo prototipo que sirve como almacenador	93
Figura 6.7 Sistema Dispensador del primer prototipo	94
Figura 6.8 Sistema Dispensador del segundo prototipo	94
Figura 6.9 Sistema Dispensador del primer prototipo.....	95
Figura 6.10 Sistema Compactador del segundo prototipo	95
Figura 6.11 Sistema Expulsor del segundo prototipo.....	96
Figura 6.12 Sistema Acumulador del primer prototipo	96
Figura 6.13 Sistema Acumulador del segundo prototipo	97
Figura 6.14 Distribución de los sistemas del segundo prototipo.....	97
Figura 6.15 Latas obtenidas al compactar cinco latas	98
Figura 6.16 Latas obtenidas al compactar diez latas.....	99
Figura 6.17 Latas obtenidas al compactar quince latas.....	99
Figura 6.18 Latas obtenidas al compactar quince latas.....	100
Figura 6.19 Volumen de lata no compactada.....	100
Figura 6.20 Lata rota.....	101
Figura 6.21 Prueba de compactación	103
Figura C.1 Tornillo de potencia de rosca ACME.....	110
Figura C.2 Viga con cuatro apoyos.....	111
Figura C.3 Diagrama de cuerpo libre	111
Figura C.4 Viga con apoyo <i>E</i>	112
Figura C.5 Diagrama de cuerpo libre con el apoyo <i>E</i>	112
Figura C.6 Viga con apoyo <i>G</i>	113
Figura C.7 Diagrama de cuerpo libre con el apoyo <i>G</i>	113
Figura C.8 Diagrama de cuerpo libre del lado derecho de la viga.....	113

Lista de Tablas

TABLA 1.1 MÁQUINAS DE COMPACTACIÓN INDIVIDUAL.....	11
TABLA 1.2 MÁQUINAS DE COMPACTACIÓN MASIVA	11
TABLA 1.3 SISTEMAS Y COMPONENTES DE LAS MÁQUINAS COMPACTADORAS ENCONTRADAS.....	12
TABLA 2.1 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	21
TABLA 2.2 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA ALMACENADOR.....	22
TABLA 2.3 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA DISPENSADOR.....	23
TABLA 2.4 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA COMPACTADOR.....	24
TABLA 2.5 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA EXPULSOR	25
TABLA 2.6 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA ACUMULADOR.....	26
TABLA 2.7 ESCALA DE 5 PUNTOS.....	27
TABLA 2.8 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	27
TABLA 2.9 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA ALMACENADOR	28
TABLA 2.10 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA DISPENSADOR.....	29
TABLA 2.11 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA COMPACTADOR.....	30
TABLA 2.12 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA EXPULSOR	31
TABLA 2.13 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA ACUMULADOR.....	32
TABLA 2.14 SISTEMAS DE LA MÁQUINA COMPACTADORA.....	34
TABLA 2.15 DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE COSTOS DE MANUFACTURA	35
TABLA 2.16 COSTOS DE MANUFACTURA DE LA MÁQUINA COMPACTADORA.....	35
TABLA 2.17 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PLACA.....	36
TABLA 2.18 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LOS TORNILLOS SINFIN	36
TABLA 2.19 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LOS COLLARINES.....	36
TABLA 2.20 FALLAS DEL PRIMER PROTOTIPO DE LA MÁQUINA COMPACTADORA	38
TABLA 3.1 MATRIZ MORFOLÓGICA DEL SISTEMA COMPACTADOR.....	45
TABLA 3.2 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA REDUCTOR DE VOLUMEN	46
TABLA 3.3 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS	47
TABLA 3.4 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	48
TABLA 3.5 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA MOTRIZ.....	49
TABLA 3.6 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA REDUCTOR DE VOLUMEN.....	50
TABLA 3.7 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS.....	51
TABLA 3.8 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	52
TABLA 3.9 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA MOTRIZ	53

TABLA 3.10 FACTORES DE PESO DEL MATERIAL DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS	54
TABLA 3.11 MATRIZ DE DECISIÓN DEL MATERIAL DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS.....	55
TABLA 3.12 FACTORES DE PESO DE LA PRENSA	56
TABLA 3.13 MATRIZ DE DECISIÓN DE LAS PRENSAS PARA EL SUBSISTEMA REDUCTOR DE VOLUMEN	57
TABLA 3.14 SISTEMAS DE LA MÁQUINA COMPACTADORA.....	57
TABLA 3.15 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS PAREDES	60
TABLA 3.16 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PLACA MÓVIL	60
TABLA 3.17 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PLACA FIJA.....	60
TABLA 4.2 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR	66
TABLA 4.3 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DIRECCIONADOR.....	67
TABLA 4.4 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA MOTRIZ.....	68
TABLA 4.5 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR.....	69
TABLA 4.6 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DIRECCIONADOR	70
TABLA 4.7 FACTORES DE PESO DEL EJE DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR.....	72
TABLA 4.8 MATRIZ DE DECISIÓN DEL EJE DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR.....	72
TABLA 4.9 FACTORES DE PESO DE LAS ASPAS DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR.....	73
TABLA 4.10 MATRIZ DE DECISIÓN DE LAS ASPAS DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR.....	74
TABLA 4.11 FACTORES DE PESO DE LA RAMPA DEL SUBSISTEMA DIRECCIONADOR	75
TABLA 4.12 MATRIZ DE DECISIÓN DE LA RAMPA DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR	76
TABLA 4.13 COMPONENTES Y PROCESOS DE MANUFACTURA DE LOS SUBSISTEMAS.....	76
TABLA 4.14 ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL EJE	78
TABLA 4.15 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ASPAS	78
TABLA 4.16 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA RAMPA	78
TABLA 5.1 SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL MICROCONTROLADOR.....	82
TABLA 6.1 COMPARATIVO DE LOS PROTOTIPOS.....	91
TABLA 6.2 TIEMPO DE LOS SISTEMAS PARA REALIZAR SU FUNCIÓN	98
TABLA 6.3 VOLUMEN DE COMPACTACIÓN	101
TABLA B.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL.....	106
TABLA B.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL.....	107
TABLA B.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN HORIZONTAL.....	108
TABLA B.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL DE LATAS DAÑADAS	108
TABLA B.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN HORIZONTAL DE LATAS DAÑADAS.....	109

Introducción

En México la cultura del reciclaje es escasa comparada con otros países, principalmente europeos. En nuestro país no existen estudios o programas actualizados sobre el reciclaje de aluminio.



Figura 1 Aspecto de una fábrica de reciclado en México [1]

De acuerdo con datos recabados en el año 2002 por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) se consumen 462 mil 689 toneladas de acero y aluminio anualmente, de las cuales 277 mil 608 son de aluminio. “De todos los productos fabricados, las latas son las más comunes y su uso se ha vuelto cotidiano, en nuestro país, se consumen 15 millones 400 mil latas equivalentes a 240 toneladas diarias” [2].

Cerca del 99% de las latas de cerveza y del 97% de las latas de refrescos son de aluminio, sin embargo sólo la mitad de dichos porcentajes es recuperado para su reciclaje. Se estima que por cada 10 latas de aluminio recicladas per cápita al año se ahorrarían:

- 150 millones de pesos en materias primas.
- La electricidad que consumen todos los televisores del país encendidos durante 5 horas: 593.13 GWh.
- El gas que consumen 80 mil hogares.
- 51 mil toneladas de petróleo [2].

Por medio de este proyecto se busca la implementación de un sistema mecatrónico para ayudar a solucionar un problema que surgió en un restaurante y que es de interés social.

El restaurante, miembro de la franquicia “Las Flautas”, ubicado en Av. De la Paz, tiene un contenedor para acumular los desechos que se generan a lo largo del día. Al desechar las latas vacías de refresco este se llena rápidamente por lo que existe la necesidad de vaciarlo en repetidas ocasiones dentro de una bodega, fuera del establecimiento. Para evitar lo anterior, los empleados almacenan las latas vacías cerca de una de las entradas del local como se observa en la Figura 2. Cuando se reúnen aproximadamente veinte latas, éstas son compactadas fuera del local para después ser colocadas en una caja que acomodan arriba del refrigerador (Figura 3), lo cual genera pérdida de tiempo, descuido a la atención hacia los clientes, la posibilidad de accidentes al tropezarse con alguna lata, así como mal aspecto al restaurante. Todo esto originó la necesidad de diseñar una máquina que compacte y almacene latas.



Figura 2 Acumulación de latas no compactadas



Figura 3 Acumulación de latas compactadas

En este proyecto se presenta el diseño de dicha máquina; el primer capítulo ofrece una perspectiva de las máquinas compactadoras que existen en el mercado. Los principios de funcionamiento, tanto manuales, automáticos, mecánicos y/o neumáticos, proporcionan antecedentes para generar ideas a partir de los requerimientos y especificaciones. En el Capítulo 2 se desarrolla la metodología de diseño para la primera iteración de diseño de la máquina con base en la información recopilada, además se presenta un análisis del primer prototipo de la máquina. Después de las fallas encontradas en algunos sistemas del primer prototipo, los dos capítulos siguientes 3 y 4 presentan

el rediseño de dichos sistemas los cuales serán parte del segundo prototipo de la máquina. En el Capítulo 5 se muestra el proceso de funcionamiento de la máquina, así como los elementos electrónicos empleados para realizar el proceso. El capítulo final presenta los resultados y conclusiones obtenidos con el segundo prototipo de la máquina.

Objetivo

Diseñar una máquina compactadora de latas de aluminio vacías de 355 [ml] para un restaurante, la cual debe de cumplir con los siguientes requerimientos y especificaciones:

- Fácil limpieza y mantenimiento de la máquina.
- Inoxidable.
- Fácil extracción de las latas compactadas.
- Proceso semiautomático (alimentación y retiro manual de las latas).
- Fácil operación (operación con botones).
- Segura.
- Volumen máximo un metro cuadrado de base por 1.5 metros de altura.
- Costo aproximado de \$3,500 a \$6,500 pesos.
- Compactación de varias latas simultáneamente.
- Reducción en el volumen de las latas de al menos un 60%.
- Alimentación de la máquina: 127 [V] de corriente alterna.

Metodología de Diseño

Para realizar el diseño de la Máquina Compactadora de Latas se seguirán las siguientes etapas:

1. *Estudio de Mercado.* Realizar una investigación sobre las compactadoras comerciales que existen, con las cuales posteriormente se elaborará una Casa de la Calidad.
2. *Diseño conceptual.* Aplicar diversos métodos relacionados con la generación y evaluación de alternativas de solución.
3. *Diseño de detalle.* Aplicar las principales técnicas relacionadas con la selección de materiales, procesos de manufactura, evaluación de costos y definición de dimensiones de la Máquina Compactadora de latas considerando el cumplimiento de especificaciones, factibilidad técnica, disponibilidad, costos, entre otros.
4. *Fabricación del prototipo.* Aplicar procesos de manufactura.

Capítulo 1

Estudio de Mercado

Mientras se realizaba el estudio de mercado, se observó que existen máquinas compactadoras cuyas dimensiones superan las especificaciones dadas y que sus capacidades están muy por encima de los requerimientos, por lo cuál se decidió omitirlas en el trabajo, esto con el fin de delimitar la investigación.

A continuación se muestra el resultado del estudio de mercado con una breve explicación de cada una de las máquinas, las cuales se clasificaron de acuerdo a la forma de compactación: las que compactan de forma individual y las que compactan de forma masiva.

1.1 Compactación Individual

- “Aplastador de Latas”

Es un aparato que se monta a la pared, en el cual se coloca una lata vacía en la base del aplastador, y al jalar la palanca la lata quedará reducida aproximadamente a una quinta parte de su tamaño original [3] como se muestra en la Figura 1.1. Como funciones adicionales cuenta con un destapador de botellas incorporado.



Figura 1.1 “Aplastador de Latas” [3]

- “Prensa-Latas PL008”

La “Prensa-Latas PL008” manual que se muestra en la Figura 1.2 es de forma rectangular, fabricada en chapa lisa de acero inoxidable con posibilidad de acoplar directamente a la pared. Apta para latas de diversos tamaños [4]. Su funcionamiento es similar al “Aplastador de Latas” (Figura 1.1).



Figura 1.2 “Prensa-Latas PL008” [4]

- “PETer Bottle Compactor” [5]

Este aplastador de botellas de PET y latas de aluminio se coloca en la pared sin que se note que se trata de un elemento de este tipo. Para compactar se coloca la botella o lata en su boca, se presiona la boca hacia arriba, como se muestra en la Figura 1.3. La botella o lata quedará comprimida gracias a la fuerza del usuario.

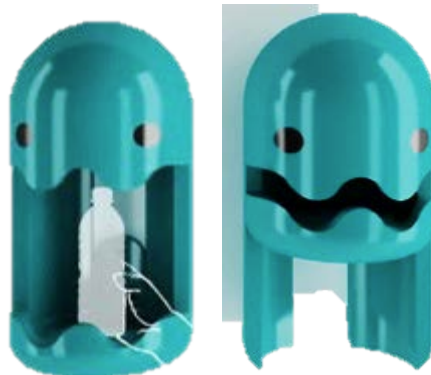


Figura 1.3 “PETer Bottle Compactor” [5]

- Compactadora “Intimus 519”

Esta máquina tiene alimentación paralela para dos usuarios como se muestra en la Figura 1.4, y basta con colocar cualquier envase de bebida en uno de los tubos de alimentación para activar un sensor óptico, para revisar que se haya llenado, e inicia el proceso de compactación de manera totalmente automática. Una vez que se compacta, la máquina se detiene automáticamente. La máquina cuenta con paletas dosificadoras, sensor óptico, paro de emergencia, gabinete de control y panel de operaciones [6].



Figura 1.4 Compactadora “Intimus 519” [6]

1.2 Compactación Masiva

- “Prensa de Latas 101 MIL-TEK”

La “Prensa de Latas 101 MIL-TEK” sirve para compactar botes, latas, tambos y cubetas, reduciendo su volumen en un 90%, tal y como se observa en la Figura 1.5. La prensa es neumática sin partes eléctricas. La prensa puede ser conectada a una red de aire existente o a través de un compresor suministrado [7].

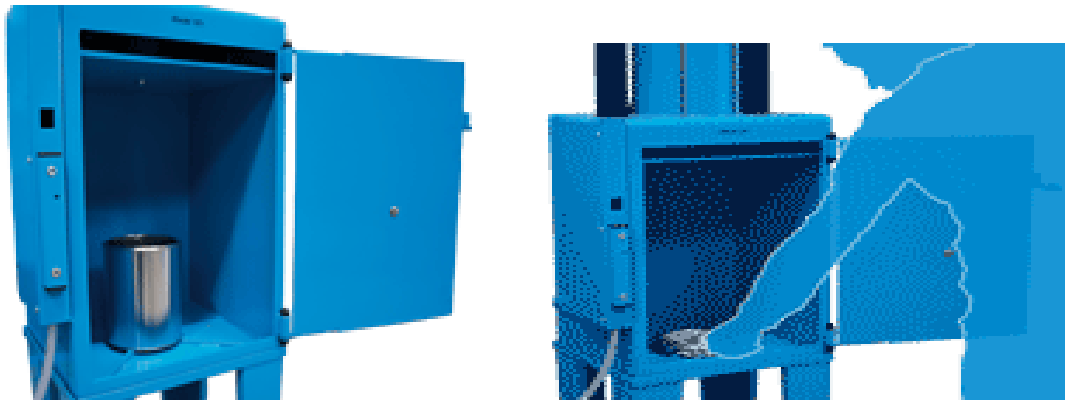


Figura 1.5 “Prensa de Latas 101 MIL-TEK” [7]

- Compactadora “Intimus P529”

Esta máquina cuenta con una tolva de alimentación como se observa en la Figura 1.6. Permite compactar botellas de plástico y latas, al mismo tiempo asegura que las botellas y las latas se conserven en una sola pieza. Además cuenta con una paleta alimentadora rotativa, situada delante de la unidad de compactación, con la que alimenta y evita atascos [8].



Figura 1.6 Compactadora “Intimus 519” [8]

- “Compactador Residuos FL80”

El “Compactador Residuos FL80” que se puede observar en la Figura 1.7 “cuenta con una estructura de aluminio, ligera, fuerte e higiénica que no necesita mantenimiento, la carga de los residuos es fácil gracias a la amplia boca de carga frontal, se cuenta con versiones eléctrica o neumática, el funcionamiento es silencioso, compacta los residuos en bolsas, en contenedores estándar y/o en forma de balas” [9].



Figura 1.7 “Compactador Residuos FL80” [9]

- Prensa “MACFAB 40”

La prensa “MACFAB 40”, que se muestra en la Figura 1.8, puede situarse en entornos de espacio reducido con un volumen pequeño/mediano de material [10]. En este tipo de prensa se pueden meter varias bolsas de latas y conforme se vayan compactando se van metiendo más bolsas o latas para al final obtener un cubo de bolsas o latas compactadas.



Figura 1.8 Prensa “MACFAB 40” [10]

- Prensa “MACFAB 60” [10]

La prensa “MACFAB 60” se muestra en la Figura 1.9 y es muy similar a la prensa “MACFAB 40” (Figura 2.8), la única diferencia que existe es que en este modelo los cubos de bolsas de latas o latas compactadas pueden amarrarse con tiras de plástico para que sea más fácil de trasladar.



Figura 1.9 Prensa “MACFAB 60” [10]

- Prensa “MACFAB 75” [10]

La prensa “MACFAB 75” junta las características de las prensas “MACFAB 40” y “MACFAB 60” (Figuras 1.8 y 1.9 respectivamente) de compactar y amarrar el producto compactado de latas o bolsas de latas. Existe la opción de colocar una base para compactar de forma individual latas más grandes como las de pintura, como se muestra en la Figura 1.10.



Figura 1.10 Prensa “MACFAB 75” [10]

- Prensa Latas “BRAMIDAN”

Es una prensa neumática para latas y utiliza aire comprimido. La máquina puede compactar latas hasta de 30 litros [11]. Tiene un diseño muy sencillo y sus dimensiones, comparadas con otras similares, son menores (ver Figura 1.11).



Figura 1.11 Prensa Latas “BRAMIDAN” [11]

1.3 Análisis del Estudio de Mercado

Después de realizar el estudio de mercado se presentan algunas observaciones referentes a los siguientes puntos:

- *Disponibilidad.* En México el uso de compactadores de latas no es frecuente; sin embargo se está empezando a difundir su uso debido principalmente a cuestiones ambientales. Los compactadores de latas más comunes que se encontraron fueron los de compactación individual, los cuáles se observaron en algunos supermercados y locales comerciales.
- *Costos.* El costo propuesto de la máquina es bajo, tomando en cuenta que el costo de la más económica que se encontró (“Compactador Residuos FL80”) es de aproximadamente diecinueve mil pesos (ver Tabla 1.2). Muchas de estas máquinas cuentan con características adicionales como: compactación de otros materiales y empaquetamiento de la materia compactada, los cuales son factores que contribuyen a la elevación de su costo.
- *Dimensiones.* En lo relativo a este parámetro se pudo observar que las dimensiones dadas en las especificaciones son demasiado grandes para el funcionamiento que se espera, ya que en el mercado existen máquinas más compactas que podrían cubrir las necesidades planteadas. Sin embargo son de mayor costo y algunas de ellas requieren instalaciones especiales, como sistemas de aire comprimido.
- *Formas de compactar.* Se observó que en general, las máquinas realizan la compactación de forma vertical y lo logran ayudándose de palancas y prensas.
- *Principios de funcionamiento.* La mayoría de las máquinas tiene un funcionamiento electromecánico en el sistema encargado de compactar, en segundo lugar se encontraron algunas cuyo principio de compactación es neumático. Por último, y menos comunes, las que utilizan compactación hidráulica; cabe destacar que éstas últimas fueron las únicas que se distribuyen en México.
- *Características adicionales.* Muchas de las máquinas que se encontraron tienen funciones adicionales a la compactación de latas, la gran mayoría son capaces de compactar cartón, PET e incluso de empaquetar la materia que sea compactada. La presencia de características adicionales se observó incluso en las máquinas de compactación individual.

Cabe destacar que no existen máquinas compactadoras de latas ni similares de origen mexicano.

En la Tabla 1.1 se presenta una comparación entre las máquinas que compactan de forma individual. En dicha tabla se sintetizó la información técnica de cada una de ellas que se consideró importante para el proyecto como el costo, las dimensiones, el funcionamiento, el peso y algunas características adicionales.

TABLA 1.1 MÁQUINAS DE COMPACTACIÓN INDIVIDUAL

	Costo (Pesos)	Dimensiones (cm)	Funcionamiento	Peso (kg)	Características adicionales
Aplastador de latas	225	32x10	Mecánico/manual	3	Destapador de botellas incluido
PL008	1,673	15.5x8.5x34	Mecánico/manual	5.5	Compacta latas hasta de 500 ml
PETer Bottle Compactor	No disponible	No disponible	Mecánico/manual	4.3	Muy vistoso
Intimus 519	No disponible	80x136x192	Mecánico/automático	232	Alimentación dual

En la Tabla 1.2 se presenta una comparación entre las máquinas que compactan de forma masiva, en la cual se sintetizó la información más relevante para este proyecto.

TABLA 1.2 MÁQUINAS DE COMPACTACIÓN MASIVA

	Costo (Pesos)	Dimensiones (cm)	Funcionamiento	Peso (kg)	Características adicionales
Prensa de Latas 101 MIL-TEK	No disponible	199x47x44	Neumático	94	Compacta botes de hasta 30 L
Intimus P529	No disponible	80x136x192	Mecánico/automático	272	Compacta botellas de PET
FL80	19,505	58x37	Eléctrico/neumático	102	Compacta varios tipos de residuos Forma paquetes
MACFAB 40	53,580.3	169.4x71.8x63	Eléctrico/mecánico	140	Carretillas para levantar paquetes Compacta en 20 segundos
MACFAB 60	65,078.6	194.8x104x72	Eléctrico/mecánico	230	Carretillas para levantar paquetes
MACFAB 75	67,690.4	230x104x72	Eléctrico/mecánico	270	Carretillas para levantar paquetes
BRAMIDAN	20,684.7	58x60x169	Neumático	140	Puede comprimir latas hasta de 30 L

Se realizó un análisis de las máquinas encontradas en el estudio de mercado para identificar los sistemas que poseen, dichos sistemas así como sus elementos se presentan en la Tabla 1.3.

TABLA 1.3 SISTEMAS Y COMPONENTES DE LAS MÁQUINAS COMPACTADORAS ENCONTRADAS

	Máquina	Sistema	Elementos del Sistema
Compactación Individual	Aplastador de Latas	Compactador	Manivela-Biela-Corredera
		Soporte de lata	Lámina en "L"
		Sujeción	Tornillos
	Prensa-Latas PL008	Compactador	Manivela-Biela-Corredera
		Soporte de lata	Lámina en "L"
		Sujeción	Tornillos
	PETer Bottle Compactor	Compactador	Corredera
		Soporte de lata	Base circular
		Sujeción	Tornillos
	Intimus 519	Alimentación	Tubos/Toboganes
		Dosificador	Paletas
		Control	Sensor óptico, paro de emergencia
		Almacenamiento	Contenedor de lámina
	Prensa de Latas MIL-TEK	Alimentación	Puerta
Compactador		Pistón neumático	
Control		Botón de inicio, paro de emergencia, fines de carrera	
Neumático		Compresor, líneas, unidad de mantenimiento válvulas	
Compactación Masiva	Intimus P529	Alimentación	Tolva
		Dosificador	Paleta rotativa
		Compactador	Rodillos
		Almacenamiento	Contenedor
		De retiro	Puertas
	Compactador Residuos FL80	Alimentación	Puerta corrediza
		Compactador	Pistón neumático
		Control	Fines de carrera, paro de emergencia, panel de control
		Empaquetamiento	Carretes con cintas plásticas
		Neumático	Compresor, líneas, unidad de mantenimiento válvulas
	Prensa MACFAB 40	Alimentación	Puerta
		Control	Paro de emergencia, fines de carrera, botón de inicio
		Empaquetamiento	Carretes con cintas plásticas y rieles guía
		Compactador	Prensa
		Almacenamiento*	El mismo espacio de compactación
	Prensa MACFAB 60	De cierre	Palancas, seguros
		Alimentación	Puerta
		Control	Paro de emergencia, fines de carrera, botón de inicio
		Empaquetamiento	Carretes con cintas plásticas y rieles guía
		Compactador	Prensa
	Prensa MACFAB 75	Almacenamiento*	El mismo espacio de compactación
		De cierre	Palancas, seguros
		Alimentación	Puerta
		Control	Paro de emergencia, fines de carrera, botón de inicio
		Empaquetamiento	Carretes con cintas plásticas y rieles guía
	BRAMIDAN	Compactador	Prensa
		Almacenamiento*	El mismo espacio de compactación
		De cierre	Palancas, seguros
Soporte de latas		Banco tipo prensa de tornillo	

Capítulo 2

Primera Iteración de Diseño

Tomando como punto de partida el objetivo que se debe cumplir, se elaboró un diagrama de caja negra como muestra la Figura 2.1, donde se indica de donde se parte y a donde se pretende llegar al diseñar la Máquina.

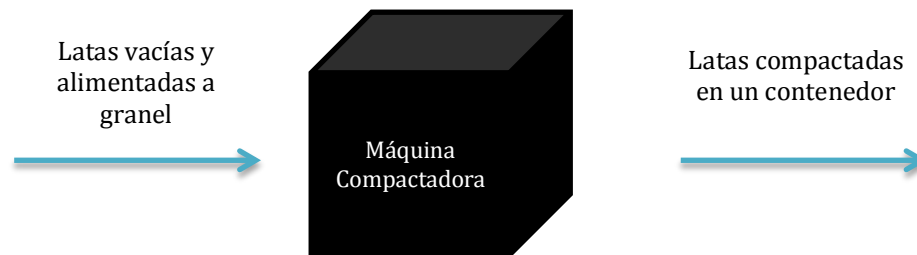


Figura 2.1 Diagrama de caja negra de la Máquina Compactadora

Con base en el diagrama de caja negra y en los requerimientos, se propusieron y definieron cada uno de los sistemas que conformarían el prototipo de la Máquina Compactadora como se muestra en la Figura 2.2. A continuación se explican las funciones de cada uno de los sistemas:

- *Sistema de Alimentación*: Sistema manual, el cual proveerá a la máquina de latas vacías y a granel.

- *Sistema Almacenador*: Sistema encargado de recibir y almacenar las latas que se introducen.
- *Sistema Dispensador*: Sistema electromecánico que permite el paso de una determinada cantidad de latas al compactador.
- *Sistema Compactador*: Sistema mecánico encargado de reducir el volumen de las latas.
- *Sistema Expulsor*: Sistema electromecánico que remueve las latas del compactador una vez que el volumen de éstas ha sido reducido.
- *Sistema Acumulador*: Sistema que almacena las latas compactadas hasta que exista un volumen considerable para ser retiradas de la máquina.

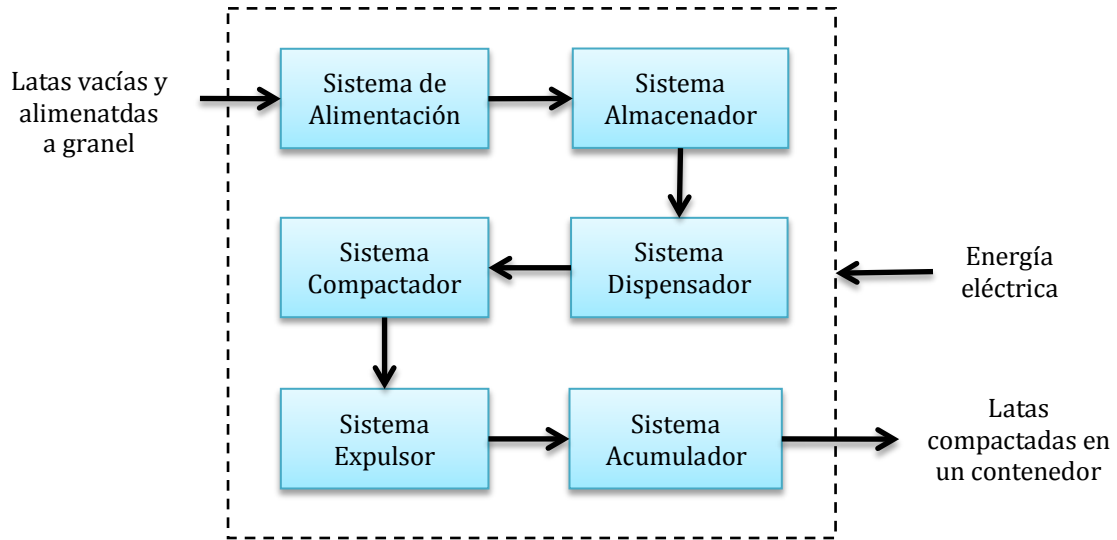


Figura 2.2 Diagrama de sistemas de la primera iteración de diseño de la Máquina Compactadora

2.1 Diseño Conceptual

Con base en la definición de cada uno de los sistemas que conformarían la Máquina Compactadora de latas se aplicaron algunos métodos y técnicas para obtener las mejores alternativas de solución para cada uno de ellos.

2.1.1 Lluvia de Ideas

Se utilizó la técnica “Lluvia de Ideas” para cada uno de los sistemas. Para llevarla a cabo, se pidió a los integrantes del equipo que pensarán en ideas referentes a cada uno de los sistemas.

En la Figura 2.3 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Sistema de Alimentación.



Figura 2.3 Lluvia de Ideas del Sistema de Alimentación

En la Figura 2.4 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Sistema Almacenador.



Figura 2.4 Lluvia de Ideas del Sistema Almacenador

En la Figura 2.5 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Sistema Dispensador.



Figura 2.5 Lluvia de Ideas del Sistema Dispensador

En la Figura 2.6 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Sistema Compactador.



Figura 2.6 Lluvia de Ideas del Sistema Compactador

En la Figura 2.7 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Sistema Expulsor.

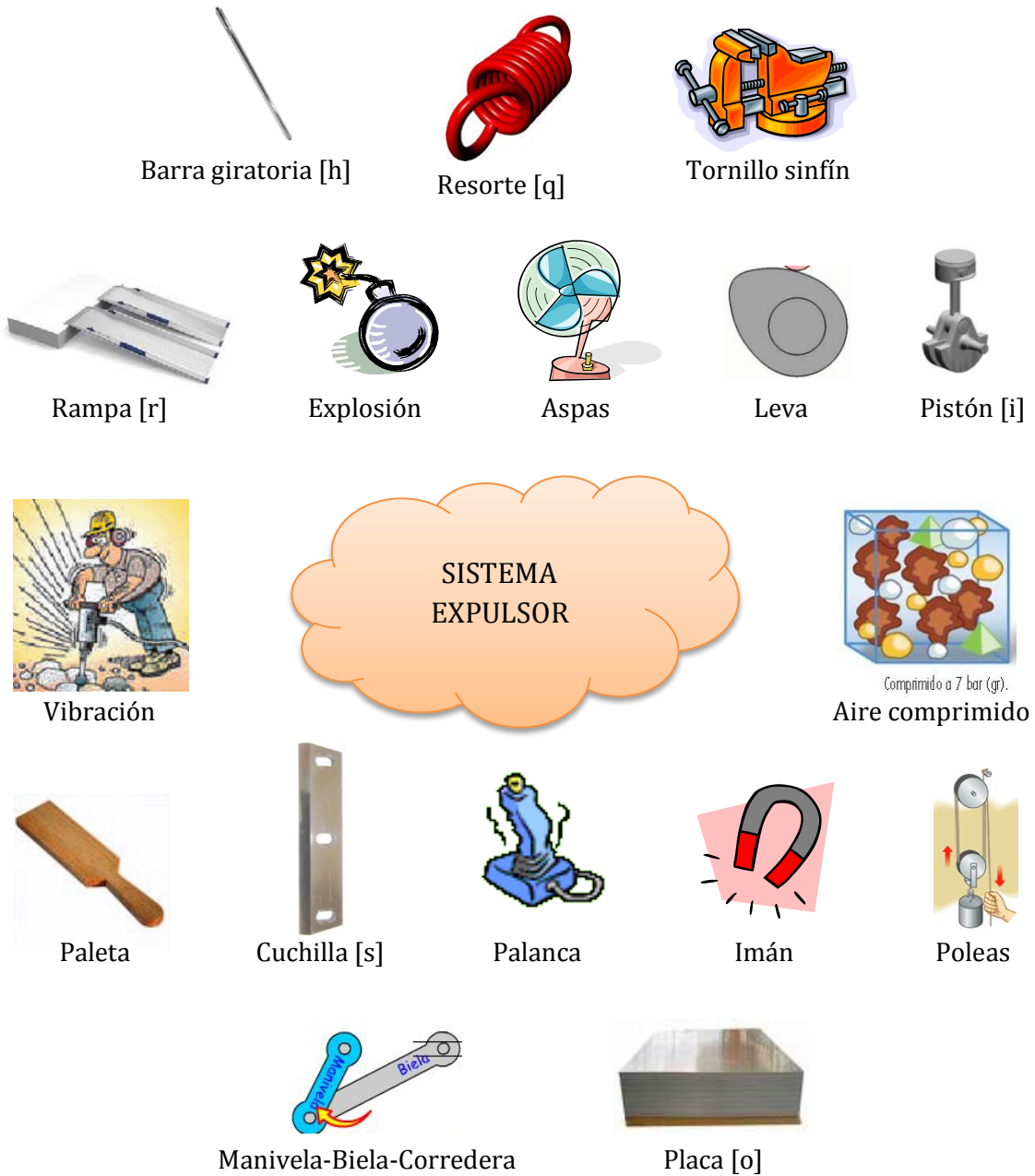


Figura 2.7 Lluvia de Ideas del Sistema Expulsor

En la Figura 2.8 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Sistema Acumulador.



Figura 2.8 Lluvia de Ideas del Sistema Acumulador

2.1.2 Árboles de Objetivos y Factores de Peso

Para realizar los árboles de objetivos se consideraron los criterios de diseño más importantes para cada sistema, posteriormente se ponderó el valor de cada criterio con base en los requerimientos, para así obtener los factores de peso de cada uno de los sistemas utilizando árboles de objetivos. Los factores de peso se obtuvieron multiplicando cada nivel de los árboles por su respectiva ramificación.

En la Figura 2.9 se muestra el árbol de objetivos del Sistema de Alimentación, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: desempeño y manufactura.

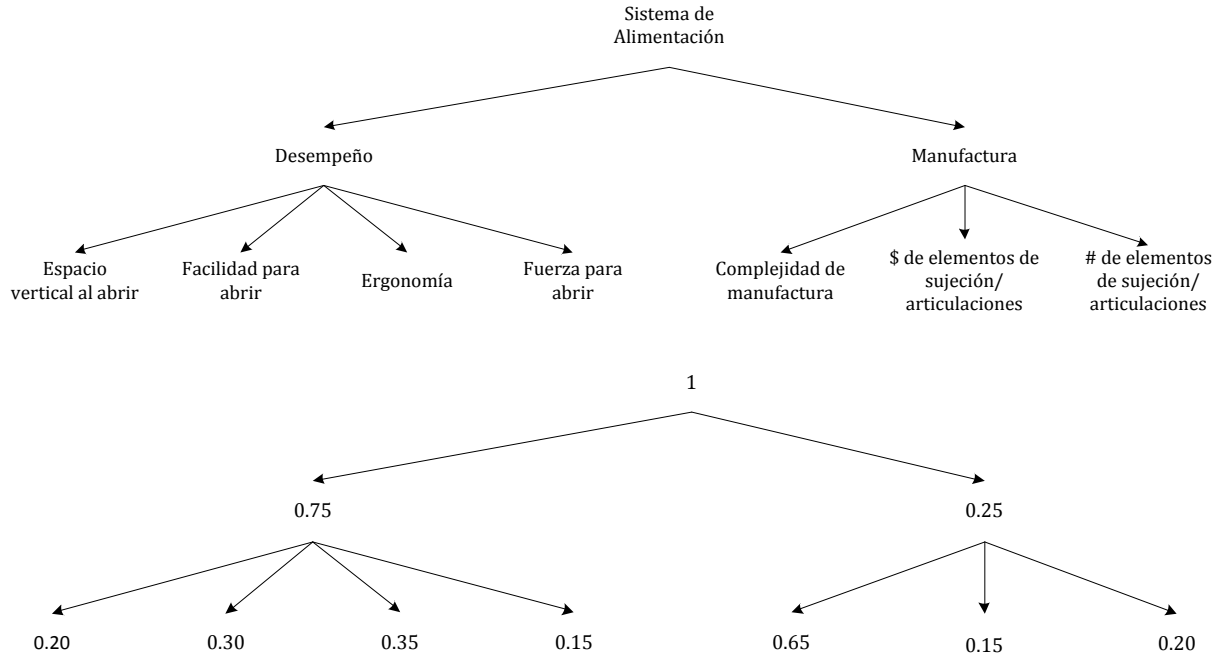


Figura 2.9 Árbol de objetivos ponderado del Sistema de Alimentación

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 2.9 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Criterio de Selección	Factor de Peso
Espacio vertical al abrir	0.150
Facilidad para abrir	0.225
Ergonomía	0.263
Fuerza para abrir	0.113
Complejidad de manufactura	0.163
Costo de elementos de sujeción	0.038
Número de elementos de sujeción	0.050
	1.000

Para el árbol de objetivos del Sistema Almacenador se consideraron los siguientes criterios de selección: costo, algunas variables físicas y forma como se muestra en la Figura 2.10.

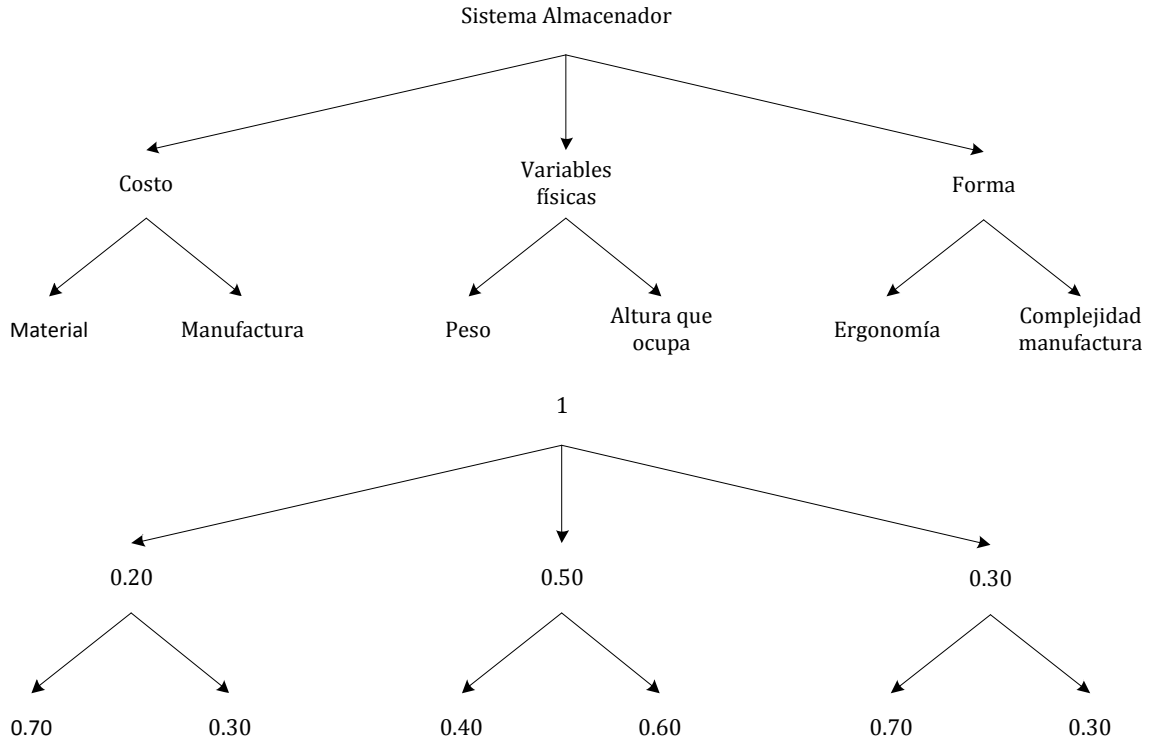


Figura 2.10 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Almacenador

En la Tabla 2.2 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 2.10.

TABLA 2.2 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA ALMACENADOR

Criterio de Selección	Factor de Peso
Costo del material	0.14
Costo de manufactura	0.06
Peso	0.20
Altura que ocupa	0.30
Ergonomía	0.21
Complejidad de manufactura	0.09
	1.00

En la Figura 2.11 se muestra el árbol de objetivos del Sistema Dispensador, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: desempeño, control, costo y algunas variables físicas.

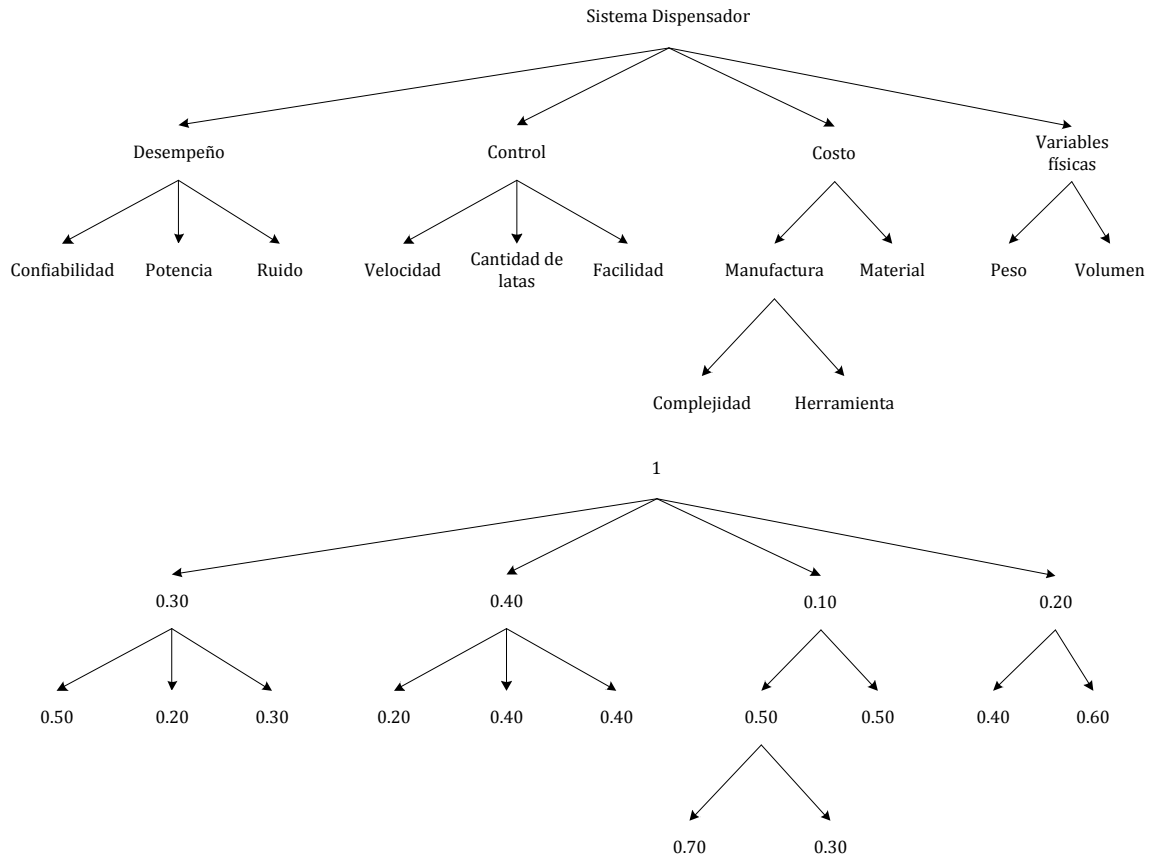


Figura 2.11 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Dispensador

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 2.11 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 2.3.

TABLA 2.3 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA DISPENSADOR

Criterio de Selección	Factor de Peso
Confiabilidad	0.150
Potencia	0.060
Ruido	0.090
Control de velocidad	0.160
Control cantidad de latas	0.160
Facilidad de control	0.080
Costo de complejidad de manufactura	0.035
Costo de herramienta	0.015
Costo de material	0.050
Peso	0.080
Volumen	0.120
	1.000

Para el árbol de objetivos del Sistema Compactador se consideraron los siguientes criterios de selección: desempeño, control, costo y algunas variables físicas como se muestra en la Figura 2.12.

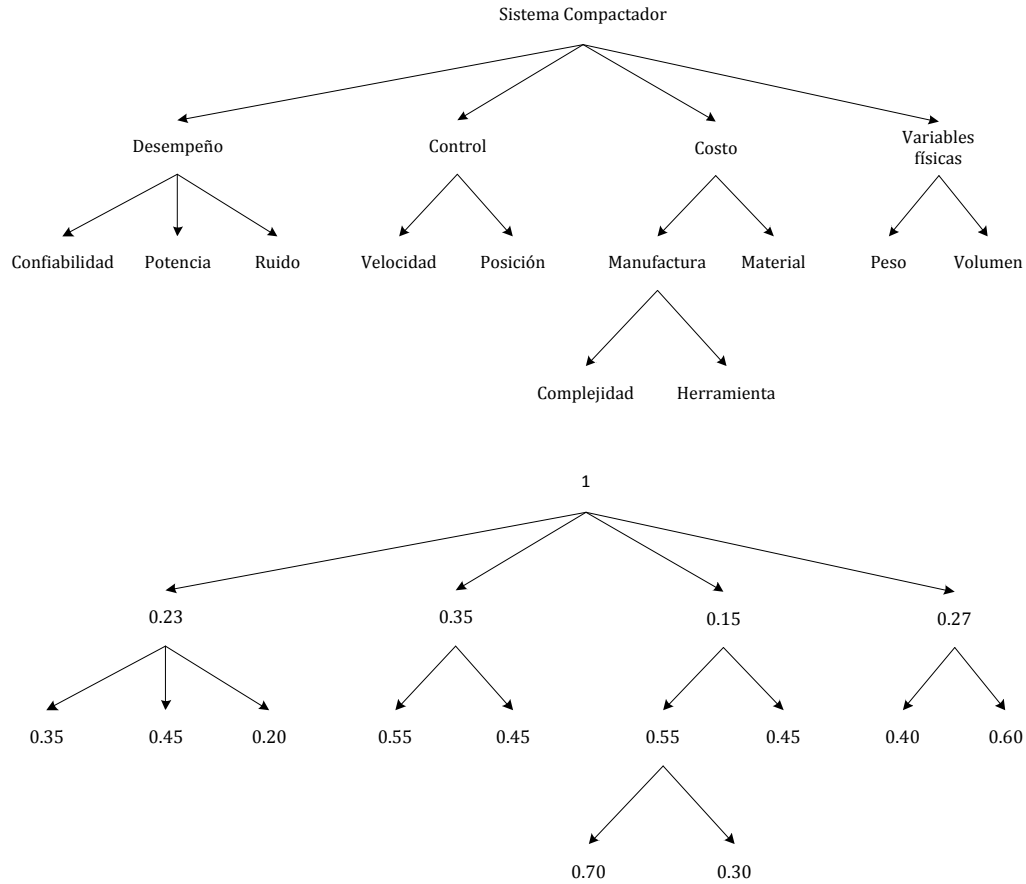


Figura 2.12 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Compactador

En la Tabla 2.4 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 2.12.

TABLA 2.4 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA COMPACTADOR

Criterios de Selección	Factores de Peso
Confiabilidad	0.081
Potencia	0.104
Ruido	0.046
Control de velocidad	0.193
Control de posición	0.158
Costo de complejidad de manufactura	0.058
Costo de herramienta	0.025
Costo de material	0.068
Peso	0.108
Volumen	0.162
	1.000

En la Figura 2.13 se muestra el árbol de objetivos del Sistema Expulsor en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: desempeño, control, costo y algunas variables físicas.

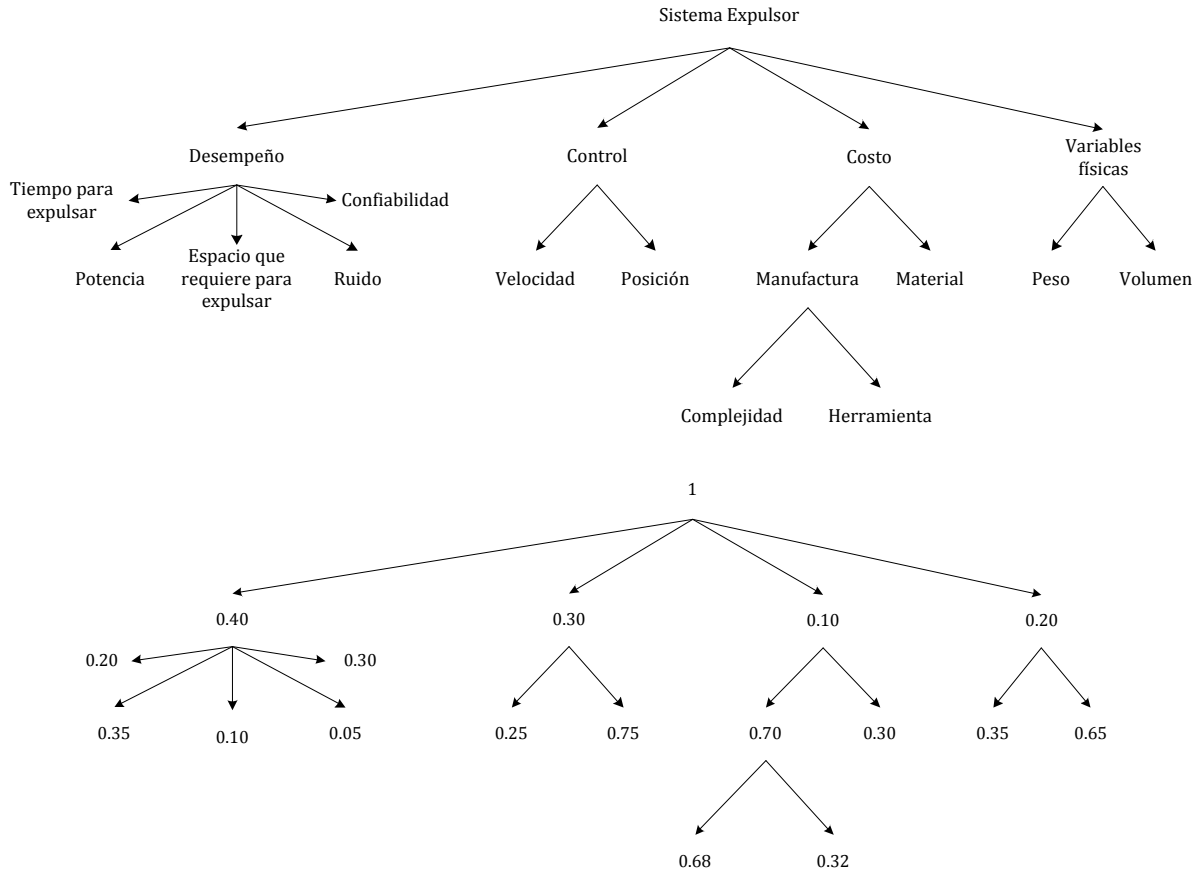


Figura 2.13 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Expulsor

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 2.13 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 2.5.

TABLA 2.5 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA EXPULSOR

Criterio de Selección	Factor de Peso
Tiempo para expulsar	0.080
Potencia	0.140
Espacio que requiere para expulsar	0.040
Ruido	0.020
Confiabilidad	0.120
Control de velocidad	0.075
Control de posición	0.225
Costo de complejidad de manufactura	0.048
Costo de herramienta	0.022
Costo de material	0.030
Peso	0.070
Volumen	0.130
	1.000

Para el árbol de objetivos del Sistema Acumulador se consideraron los siguientes criterios de selección: forma, costo y algunas variables físicas como se muestra en la Figura 2.14.

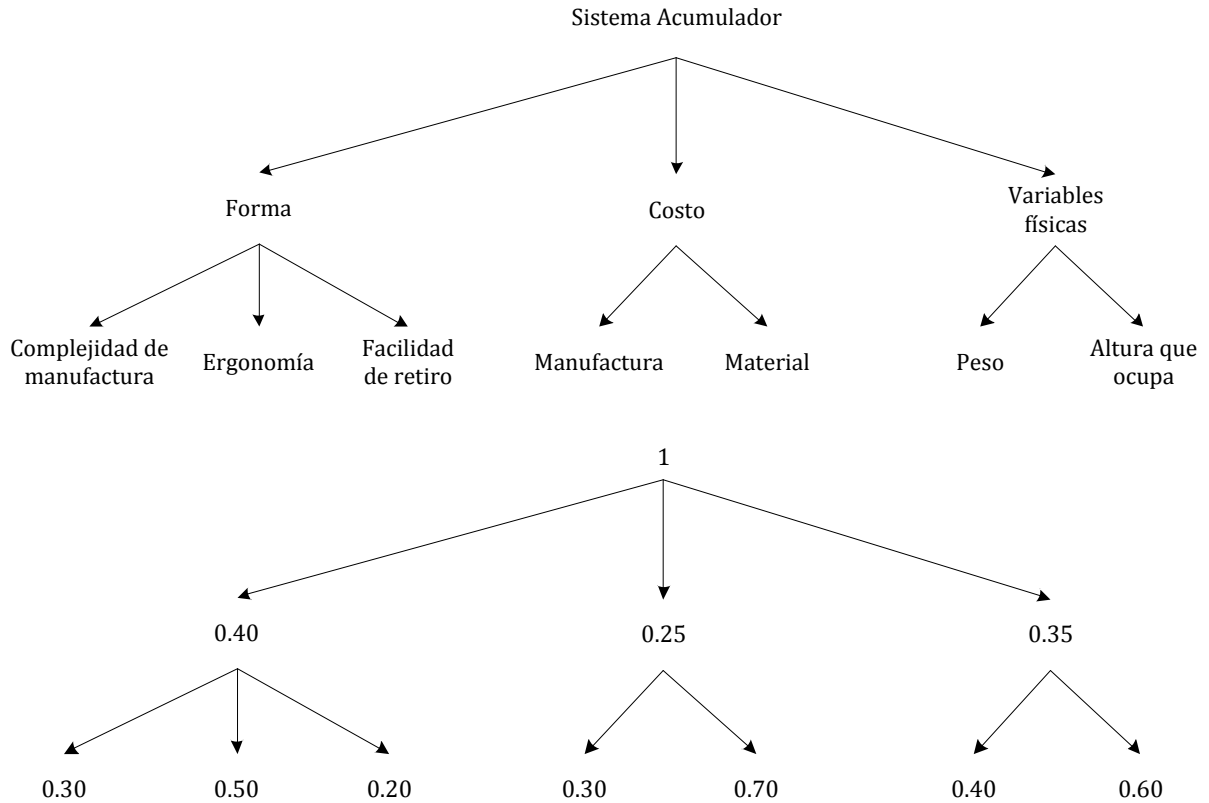


Figura 2.14 Árbol de objetivos ponderado del Sistema Acumulador

En la Tabla 2.6 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 2.14.

TABLA 2.6 FACTORES DE PESO DEL SISTEMA ACUMULADOR

Criterio de Selección	Factor de Peso
Complejidad de manufactura	0.080
Ergonomía	0.200
Facilidad de retiro	0.120
Costo de manufactura	0.075
Costo de material	0.175
Peso	0.140
Altura que ocupa	0.210
	1.000

2.1.3 Matrices de Decisión

Para realizar las Matrices de Decisión de cada uno de los sistemas de la Máquina Compactadora, los criterios de evaluación se calificaron con base en la escala de 5 puntos mostrada en la Tabla 2.7.

TABLA 2.7 ESCALA DE 5 PUNTOS

5 puntos	Descripción
0	Inadecuado
1	Débil
2	Satisfactorio
3	Bueno
4	Excelente

La evaluación de los criterios se obtuvo multiplicando el factor de peso por la calificación otorgada. En la Tabla 2.8 se muestra la evaluación de las cuatro opciones propuestas que pudieran cumplir con el objetivo del Sistema de Alimentación de Latas.

TABLA 2.8 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Criterios de Selección	Desempeño				Manufactura				
	Espacio al abrir verticalmente	Facilidad al abrir	Ergonomía	Fuerza para abrir	Complejidad de manufactura	Costo elementos de sujeción	# elementos sujeción		
	Factores de Peso	0.15	0.225	0.2625	0.1125	0.1625	0.0375		0.05
Unidades	cm	#elementos	experiencia	N	horas	pesos			
Puerta que abre hacia arriba	Magnitud	40	1	baja	10.015	1.000	20.000	2	
	Calificación	2	4	1	2	4	4	4	
	Evaluación	0.3	0.9	0.2625	0.225	0.650	0.150	0.2	2.688
Puerta deslizable	Magnitud	28.28	1	media	5.007	3	55	2	
	Calificación	3	4	3	3	2	2	4	
	Evaluación	0.45	0.9	0.7875	0.338	0.325	0.075	0.2	3.075
Dos puertas	Magnitud	14.14	2	Media	3.5	1.3	40	4	
	Calificación	4	3	3	4	3	3	2	
	Evaluación	0.6	0.675	0.7875	0.45	0.488	0.113	0.1	3.213
Puerta que abre con el pie	Magnitud	40	1	media	10.00	5	75	4 a 6	
	Calificación	2	4	3	2	1	1	2	
	Evaluación	0.3	0.9	0.7875	0.225	0.163	0.038	0.1	2.513

De la Tabla 2.8 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Sistema de Alimentación son las dos puertas.

Para la evaluación del Sistema Almacenador se propusieron tres opciones que cumplieran con el objetivo del sistema.

TABLA 2.9 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA ALMACENADOR

Criterios de Selección	Costo		Variables Físicas		Forma			
	\$ material	\$ manufactura	Peso	Altura que ocupa	Ergonomía	Complejidad de manufactura		
Factores de Peso	0.14	0.06	0.2	0.3	0.21	0.09		
Unidades	Pesos	Pesos/hr	kg	cm	Experiencia	horas		
Cubo	Magnitud	128.00	50	5.12	40	Baja	2	2.870
	Calificación	4	4	3	3	1	4	
	Evaluación	0.56	0.24	0.6	0.9	0.21	0.36	
Embudo	Magnitud	145.18	150	6.28	67	Buena	4	1.810
	Calificación	3	1	2	0	4	1	
	Evaluación	0.42	0.06	0.4	0.0	0.84	0.09	
Cilindro	Magnitud	126.44	100	4.90	51	Buena	3	2.600
	Calificación	4	2	3	1	4	2	
	Evaluación	0.56	0.12	0.6	0.3	0.84	0.18	

En la Tabla 2.9 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Sistema Almacenador es el cubo.

En la Tabla 2.10 se muestra la evaluación de las tres opciones propuestas que pudieran cumplir con el objetivo del Sistema Dispensador.

TABLA 2.10 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA DISPENSADOR

Criterios de Selección	Desempeño			Control			Costo			Variables Físicas		
	Confiabilidad	Potencia	Ruido	Facilidad de control	Control de latas que pasan	Velocidad	Complejidad de manufactura	Herramienta	\$ material	Peso	Volumen	
	Factores de Peso	0.15	0.06	0.09	0.08	0.16	0.16	0.035	0.015	0.05	0.08	0.12
Unidades	#latas/vuelta	W	Db	Experiencia	#latas/vuelta	rpm	pesos/hora	pesos	pesos	kg	m ³	
Aspas	Magnitud	1 >	Alta	50-60	Media	2	19	200-250	200-250	100	0.93430	0.0004
	Calificación	4	2	4	3	4	4	3	2	4	3	3
	Evaluación	0.6	0.12	0.36	0.24	0.64	0.64	0.105	0.03	0.2	0.24	0.36
Barra	Magnitud	Más de 1	Medio	65-75	Buena	1	30	50	25	250	2.18900	0.0008
	Calificación	3	3	2	4	3	3	4	4	2	1	2
	Evaluación	0.45	0.18	0.18	0.32	0.48	0.48	0.14	0.06	0.1	0.08	0.24
Disco	Magnitud	Más de 1	Baja	50-60	Buena	1	25	200-250	120	120	0.15300	0.00006
	Calificación	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4
	Evaluación	0.45	0.24	0.36	0.32	0.48	0.48	0.105	0.045	0.15	0.32	0.48

De la Tabla 2.10 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Sistema Dispensador son las aspas.

Para la evaluación del Sistema Compactador se propusieron tres opciones que cumplieran con el objetivo del sistema como se muestra en la Tabla 2.11.

TABLA 2.11 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA COMPACTADOR

Criterios de selección	Desempeño			Control		Costo			Variables Físicas		
	Confiabilidad	Potencia	Ruido	Control de velocidad	Control de posición	Costo complejidad de manufactura	Costo de herramienta	Costo material	Peso	Volumen	
Factores de Peso	0.0805	0.1035	0.046	0.1925	0.1575	0.05775	0.02475	0.0675	0.108	0.162	
Unidades	%Vol. Comp/s	W	Db	RPM	#Sensores	pesos/hora	pesos	pesos	kg	m ³	
Tornillo Sinfin	Magnitud	12.5	Media-Alta	Media	60-100	2	200-250	80	411	1.09449	0.00020
	Calificación	3	3	4	4	3	4	4	4	4	2
	Evaluación	0.2415	0.3105	0.184	0.77	0.4725	0.231	0.099	0.27	0.432	0.324
Leva	Magnitud	12.5	Alta	65-75	3	0	500	250-300	700	1.68321	0.00062
	Calificación	3	2	3	4	3	1	2	1	2	3
	Evaluación	0.2415	0.207	0.138	0.77	0.4725	0.05775	0.0495	0.0675	0.216	0.486
Piñón - Cremallera	Magnitud	20.3	Media	65-75	40-60	2	250-300	200-250	450.5	0.9607	0.00036
	Calificación	4	3	2	3	3	3	2	3	4	4
	Evaluación	0.322	0.3105	0.092	0.5775	0.4725	0.17325	0.0495	0.2025	0.432	0.648

En la Tabla 2.11 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Sistema Compactador es el tornillo sinfin.

En la Tabla 2.12 se muestra evaluación de las cuatro opciones propuestas que pudieran cumplir con el objetivo del Sistema Expulsor.

TABLA 2.12 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA EXPULSOR

Criterios de Selección	Desempeño					Control		Costo			Variables Físicas		
	Ruido	Tiempo	Espacio para expulsar	Confiability	Potencia	Volumen	Peso	Costo de material	Costo de complejidad	Costo de Herramienta	Control Velocidad	Control Posición	
Factores de Peso	0.02	0.08	0.04	0.12	0.14	0.13	0.07	0.03	0.0476	0.0224	0.075	0.225	
Unidades	Db	s	cm	latas/s	W	m ³	kg	Pesos	pesos/hr	pesos	RPM	#Sensores	
Leva	Magnitud	50-60	5	30	8 a 10	Media	0.000224	0.60595	800	500	300.00	12	0
	Calificación	3	3	1	4	2	2	3	1	1	3	2	4
	Evaluación	0.06	0.24	0.04	0.48	0.28	0.26	0.21	0.03	0.0476	0.0672	0.15	0.9
Tornillo Sinfín con Placa	Magnitud	65-75	8	30	2 a 4	Mucha	0.000393	1.06160	450	250-300	80.00	40	2
	Calificación	1	1	4	2	1	1	1	3	2	4	4	2
	Evaluación	0.02	0.08	0.16	0.24	0.14	0.13	0.07	0.09	0.0952	0.0896	0.3	0.45
Placa que Gira	Magnitud	50-60	2.5	15	8 a 10	Baja	0.000096	0.25920	80	50	70.00	8	2
	Calificación	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	1	2
	Evaluación	0.06	0.32	0.16	0.48	0.42	0.52	0.28	0.12	0.1904	0.0896	0.075	0.45
Manivela Biela Corredera	Magnitud	60-70	3	30	4 a 5	Media	0.000484	1.30645	500	200-250	150.00	20	0
	Calificación	2	3	1	3	2	1	1	2	3	3	3	4
	Evaluación	0.04	0.24	0.04	0.36	0.28	0.13	0.07	0.06	0.1428	0.0672	0.225	0.9

De la Tabla 2.12 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Sistema Expulsor es la placa que gira.

Para la evaluación del Sistema Acumulador se propusieron cuatro opciones que cumplieran con el objetivo del sistema como se muestra en la Tabla 2.13.

TABLA 2.13 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SISTEMA ACUMULADOR

Criterios de Selección	Forma			Costo		Variables Físicas		
	Costo de Material	Costo de Manufactura	Peso	Ergonomía	Complejidad de manufactura	Facilidad de retiro	Altura	
Factores de Peso	0.175	0.075	0.14	0.2	0.08	0.12	0.21	
Unidades	Pesos	Pesos/hr	kg	Experiencia	horas	Fuerza	cm	
Cubo con Llantas	Magnitud	200	100	0.5	Media	2.5	20.00	40
	Calificación	4	4	4	2	4	3	4
	Evaluación	0.7	0.3	0.56	0.4	0.32	0.36	0.84
Cilindro con Ruedas	Magnitud	250	100	0.5	Buena	3.5	20.00	51
	Calificación	3	4	4	3	2	3	1
	Evaluación	0.525	0.3	0.56	0.6	0.16	0.36	0.21
Cajón con Rieles	Magnitud	400	250	1	Buena	3	15.00	35
	Calificación	1	3	3	4	2	4	3
	Evaluación	0.175	0.225	0.42	0.8	0.16	0.48	0.63
Canasta de Rejillas	Magnitud	350	200	1.5	Media-Baja	5	25.00	40
	Calificación	2	3	2	1	1	2	4
	Evaluación	0.35	0.225	0.28	0.2	0.08	0.24	0.84

En la Tabla 2.13 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Sistema Acumulador es el cubo con llantas.

Después de realizar las Matrices de Decisión para cada uno de los sistemas de la Máquina Compactadora, se elaboró un diagrama esquemático de la primera iteración de diseño con las alternativas mejor evaluadas en las matrices como se muestra en la Figura 2.15. En dicho diagrama se indican las entradas y las salidas de cada uno de los sistemas, así como los elementos que realizan las funciones de los sistemas de la Máquina Compactadora.

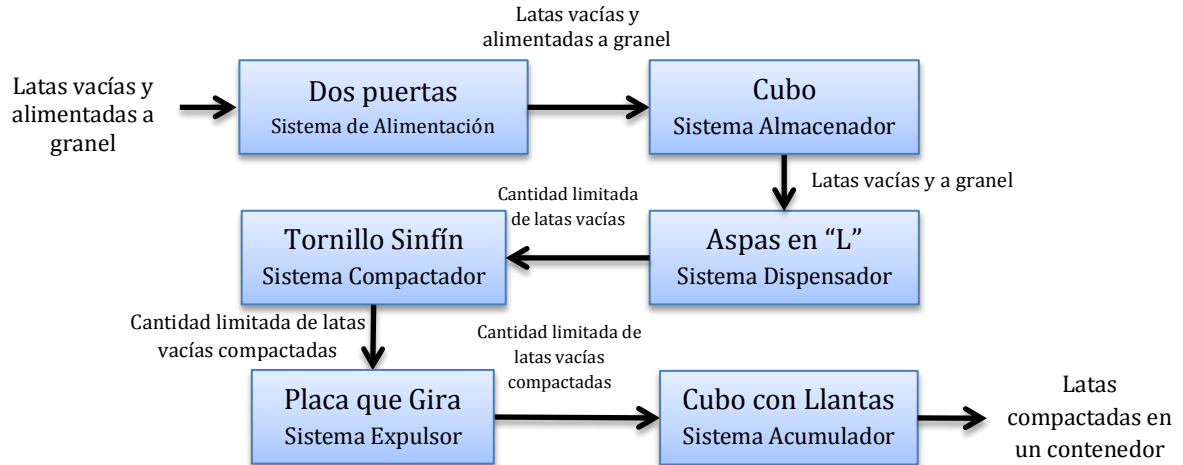


Figura 2.15 Diagrama esquemático de la Máquina Compactadora

Posteriormente con los resultados obtenidos hasta esta etapa, se elaboró un dibujo de la Máquina Compactadora para elegir la mejor configuración y ubicación de los elementos de cada sistema.

Al realizar el dibujo, se visualizó que se necesitaba un elemento adicional en el Sistema Dispensador, así como soportes para dicho elemento y para los tornillos sinfín del Sistema Compactador. El elemento que se agregó al Sistema Dispensador fue una resbaladilla para que las latas que caigan del dispensador se coloquen entre los tornillos sinfín del Sistema Compactador. En la Figura 2.16 se muestra el dibujo de la Máquina Compactadora elaborado con el software Unigraphics NX 7.5 de Siemens, la máquina tiene las siguientes dimensiones, 1 [m²] de base por 1.5 [m] de altura.

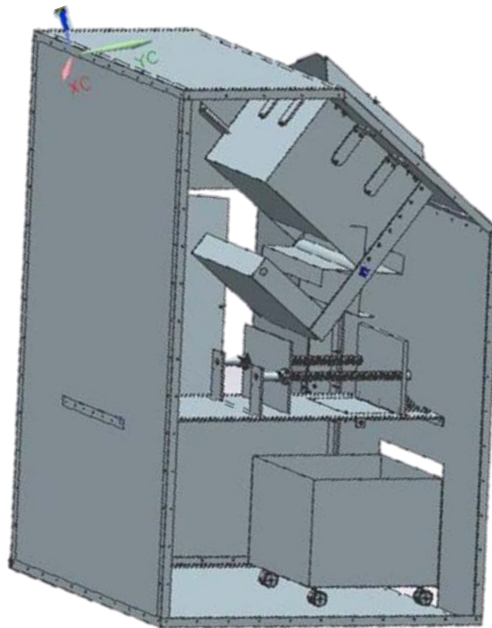


Figura 2.16 Dibujo de la primera iteración de diseño de la máquina

El espacio que se dejó dentro de la máquina es para colocar el circuito y la fuente que lo alimenta, así como para que el operador pueda guardar algunos elementos para el mantenimiento de la máquina.

2.2 Diseño de Detalle

Con base en las alternativas de solución obtenidas en la etapa de Diseño Conceptual, en este apartado se presenta la selección de los materiales y procesos de manufactura de los elementos que componen cada uno de los sistemas, así como estimación de los costos de manufactura y por parte. Finalmente se realizó el cálculo para saber el par que debe tener el motor del Sistema Compactador, el cual se muestra en el Anexo C.

2.2.1 Selección de Material y Procesos de Manufactura

Para la selección de los materiales de cada sistema de la Máquina Compactadora, se tomaron en cuenta características físicas y propiedades mecánicas que pudieran ser determinantes en cada caso. Posteriormente se realizaron árboles de objetivos y Matrices de Decisión para seleccionar el material de cada sistema dependiendo de su función. También se seleccionaron los procesos de manufactura con los que se fabricaron los elementos de los sistemas. En la Tabla 2.14 se muestran los resultados obtenidos para cada sistema.

TABLA 2.14 SISTEMAS DE LA MÁQUINA COMPACTADORA

Sistema	Material	Elemento	Proceso de Manufactura
Alimentación	Lámina de aluminio 1100	Puertas (2)	Pailería
Almacenador	Lámina galvanizada	Paredes del contenedor (4)	Pailería
Dispensador	Lámina de aluminio 6061	Aspas (4)	Doblado
	Barra de aluminio 6061	Eje (1)	Torneado y fresado
	Lámina de aluminio 6061	Resbaladilla (1)	Pailería
Compactador	Aluminio 6061	Placas (2)	Fresado
	Barra de aluminio 6061	Collarines (2)	Torneado
		Tornillo sinfn (2)	Torneado
Expulsor	Lámina galvanizada	Placa (1)	Pailería
		Eje (1)	Torneado
Acumulador	Lámina galvanizada	Paredes del contenedor (4)	Pailería
Soportes	Acero CR 1020	Guías	Fresado
		Soleras	Fresado y taladrado
		Ángulos	Fresado y taladrado

2.2.2 Costos de Manufactura

Con base en los procesos de manufactura seleccionados para los componentes de los diferentes sistemas mostrados en la Tabla 2.14, se presenta una estimación de los costos, utilizando la ecuación (1).

$$C = V \times C_{mv} + P_c \times R_c \dots (1)$$

donde:

V = Volumen del material.

C_{mv} = Costo del material.

P_c = Costo del proceso ideal.

R_c = Coeficiente de costo (depende de la complejidad de la pieza, facilidad de manufactura del material, tolerancias, etc.) [28].

En la Tabla 2.15 se presenta el valor de las variables para obtener los costos utilizando la ecuación (1). El tipo de moneda que se maneja son pesos mexicanos.

TABLA 2.15 DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE COSTOS DE MANUFACTURA

Sistema	Elemento	$V[m^3]$	$C_{mv} [$/m^3]$	$P_c [\$]$	R_c
Alimentación	Puerta	225x10 ⁻⁶	222,403.77	70	1.0
Almacenador	Pared del contenedor	506.768x10 ⁻⁶	163,398.69	125	1.3
Dispensador	Cilindro	458.368x10 ⁻⁶	138,851.60	500	1.0
	Aspa	480x10 ⁻⁶	33,355.48	135	1.3
	Resbaladilla	514.883x10 ⁻⁶	163,398.69	75	1.4
Compactador	Placa	381x10 ⁻⁶	239,328.17	300	1.0
	Collarín	39.416x10 ⁻⁶	239,328.17	300	1.0
	Tornillo sinfn	26,340x10 ⁻⁶	239,328.17	700	1.3
Expulsor	Placa	187.5x10 ⁻⁶	163,398.69	60	1.0
Acumulador	Pared del contenedor	514.883x10 ⁻⁶	163,398.69	100	1.3
Soportes	Guía	118x10 ⁻⁶	186,4406.78	100	1.2

Sustituyendo los valores de la Tabla 2.15 en la ecuación (1) para cada elemento, los costos de manufactura de las piezas de los sistemas se muestran en la Tabla 2.16.

TABLA 2.16 COSTOS DE MANUFACTURA DE LA MÁQUINA COMPACTADORA

Sistema	Elemento	C
Alimentación	Puerta	\$120.04
Almacenador	Pared del contenedor	\$245.16
Dispensador	Cilindro	\$563.65
	Aspa	\$191.51
	Resbaladilla	\$189.13
Compactador	Placa	\$391.18
	Collarín	\$309.43
	Tornillo sinfn	\$958.50
Expulsor	Placa	\$90.64
Acumulador	Pared del contenedor	\$214.13
Soportes	Guía	\$340.00

El costo total de manufactura de acuerdo a la Tabla 2.16 es de \$3,613.37 para los siete sistemas que conforman la Máquina Compactadora.

2.2.3 Costo por Parte

Se decidió aplicar el método de “Costo por Parte” [12] al Sistema Compactador porque permite de forma independiente y detallada estimar el costo de los elementos del sistema. El tipo de moneda que se maneja son pesos mexicanos. En la Tabla 2.17 se presenta lo correspondiente a la estimación del costo de la placa del Sistema Compactador.

TABLA 2.17 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PLACA

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Placa aluminio 6061	6,304.67			6,304.67
Montaje en la fresa		20.00	70.00	90.00
Fresado		80.00	160.00	240.00
Montaje en el taladro		10.00	40.00	50.00
Barrenos		15.00	35.00	50.00
Limpieza		10.00	25.00	35.00
			Total	\$6,769.67

Lo correspondiente a la estimación del costo de los tornillos sinfín del Sistema Compactador se muestra en la Tabla 2.18.

TABLA 2.18 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LOS TORNILLOS SINFIN

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Barra aluminio 6061	406.65			406.65
Montaje en el torno		30.00	120.00	150.00
Rosca		100.00	400.00	500.00
Limpieza		20.00	80.00	100.00
			Total	\$1,156.65

En la Tabla 2.19 se presenta lo correspondiente a la estimación del costo de los collarines del Sistema Compactador.

TABLA 2.19 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LOS COLLARINES

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Barra aluminio 6061	916.36			916.36
Montaje en el torno		10.00	40.00	50.00
Rosca		50.00	150.00	200.00
Limpieza		5.00	20.00	25.00
			Total	\$1,191.36

La estimación del costo total para el Sistema Compactador es de \$9,117.68.

2.3 Funcionamiento de la Máquina

En la Figura 2.17 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del prototipo de la máquina.

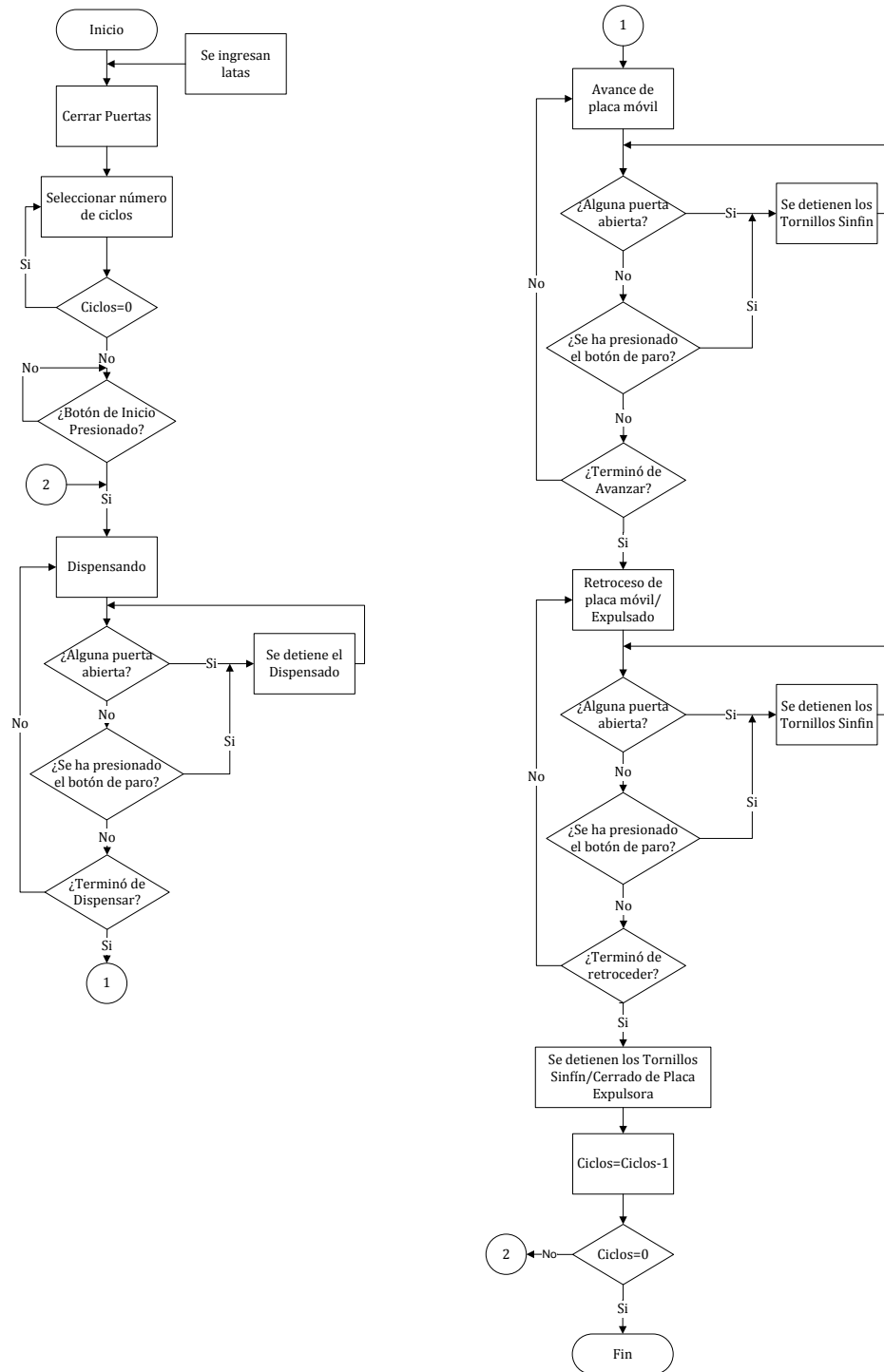


Figura 2.17 Diagrama de flujo del funcionamiento del primer prototipo de la máquina

Para iniciar el proceso se ingresan latas al Sistema Almacenador. El usuario selecciona el número de ciclos¹ que desea que realice la máquina y presiona el botón de inicio. Para que el proceso se pueda llevar a cabo las puertas deben de estar cerradas y el botón de paro sin presionar. Si cumple con las condiciones gira el Sistema Dispensador provocando que las aspas de éste empujen una cantidad limitada de latas hacia el Sistema Compactador para después ser compactadas por la placa móvil de dicho sistema. Al terminar el proceso la placa móvil regresa a su posición inicial y simultáneamente se abre la placa expulsora permitiendo la caída de latas compactadas en el Sistema Acumulador.

2.4 Análisis de la Primera Iteración de Diseño

El primer prototipo de la Máquina Compactadora presentó fallas, principalmente en los sistemas Compactador y Dispensador. Debido a dichas fallas no se cumplió el objetivo planteado al inicio del proyecto, por lo cual se plantea una segunda iteración de diseño. Para lo cual es necesario realizar diversas modificaciones y cambios al diseño original para lograr que este evolucione hacia un segundo prototipo con mejor funcionamiento.

A continuación en la Tabla 2.20 se muestran las fallas, ordenadas por sistemas, que se presentaron al realizar algunas pruebas de funcionamiento en el primer prototipo de la máquina.

TABLA 2.20 FALLAS DEL PRIMER PROTOTIPO DE LA MÁQUINA COMPACTADORA

Sistema	Fallas	Tipo
Almacenador	Dimensiones	Diseño
	Geometría	
Dispensador	Atascamiento de latas	Mecánica
Compactador	Tornillos sinfn	Ensamble
	Sujeción de motores	Manufactura
	Tornillos sinfn	
	Atascamiento de la placa móvil	Mecánica
	Contención de latas	Diseño
Expulsor	No se mantiene cerrada	Mecánica
Acumulador	El cajón se atoraba	Diseño
General	Dimensiones de la máquina	Diseño

Las fallas presentadas en la Tabla 2.20 impedían el funcionamiento adecuado de los sistemas; debido a esto, no se pudo implementar en su totalidad el Sistema Electrónico. Tras una inspección de la máquina y de los resultados obtenidos, se concluyó que los principales factores a rediseñar son:

1. Generales.

- Optimización del espacio ocupado por la máquina y sus componentes internos.
- Mejorar la accesibilidad para el mantenimiento.
- Mejorar el diseño de la carcasa.
- Calidad en la manufactura.

¹ Un ciclo de compactación abarca desde que se ingresan las latas hasta que caen en el Sistema Acumulador.

2. Sistema Dispensador de Latas.

- Evitar el atascamiento de las latas.

3. Sistema Compactador.

- Mejorar la alineación de los componentes, o en su defecto, rediseñar por completo el sistema compactador.
- Mejorar la contención de las latas en el sistema compactador.
- Elementos motrices y de transmisión de potencia.

2.5 Casa de la Calidad

Con base en los requerimientos y en el estudio de mercado se elaboró una Casa de la Calidad [26,27] (Anexo A), para la cual se tomaron en cuenta las máquinas con conceptos similares al primer prototipo de la Máquina Compactadora.

Según los resultados obtenidos con la Casa de la Calidad, para la segunda iteración de diseño, la jerarquización de las características técnicas para satisfacer los requerimientos planteados es la siguiente:

1. Control.
2. Sensores.
3. Complejidad de manufactura.
4. Fuerza.
5. Material.
6. Volumen de la máquina.
7. Volumen a compactar de las latas.
8. Velocidad de compactación.
9. Peso.

Además, se observa que el primer prototipo de la Máquina Compactadora presenta ventajas en cuanto a mantenimiento, alimentación y modo de funcionamiento con respecto a las máquinas comerciales analizadas.

2.6 Propuestas de Ventajas Competitivas

Con base en la información obtenida en el estudio de mercado, se propone que el segundo prototipo de la Máquina Compactadora tenga algunas ventajas con respecto a las máquinas presentadas en el Capítulo 1. Estas ventajas son: dimensiones, peso, almacenamiento de latas, alimentación de 127 [V] de corriente alterna, además, no requiera instalaciones adicionales, como aire comprimido.

Capítulo 3

Rediseño del Sistema Compactador

En este capítulo se muestra la metodología empleada para rediseñar el Sistema Compactador de la máquina. Este consiste en dos grandes secciones: el diseño conceptual y el diseño de detalle. En la parte de diseño conceptual se dividió el Sistema Compactador en subsistemas para facilitar y mejorar el diseño, los cuales son:

- Subsistema Reductor de Volumen.
- Subsistema de Contención de Latas.
- Subsistema de Transmisión de Potencia.
- Subsistema Motriz.

3.1 Diseño Conceptual

Con base en la información anterior del proyecto, se aplicaron algunos métodos y técnicas para obtener las mejores alternativas de solución para cada uno de los subsistemas del Sistema Compactador, y con ello obtener la mejor alternativa de solución para el sistema en general. Este proceso se dividió en varias etapas: la generación de ideas, la selección de las alternativas viables, la determinación de las mejores alternativas.

3.1.1 Lluvia de Ideas

Para nuestro caso de aplicación, se utilizó la técnica “Lluvia de Ideas” para cada uno de los subsistemas. Para llevarla a cabo, se pidió a los integrantes del equipo que pensarán en ideas referentes a cada uno de los subsistemas. Las ideas generadas para el Subsistema Reductor de Volumen se muestran en la Figura 3.1.



Figura 3.1 Lluvia de Ideas del Subsistema Reductor de Volumen

En la Figura 3.2 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Subsistema de Contención de Latas.



Figura 3.2 Lluvia de Ideas del Subsistema de Contención de Latas

En la Figura 3.3 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Subsistema de Transmisión de Potencia.



Figura 3.3 Lluvia de Ideas del Subsistema de Transmisión de Potencia

En la Figura 3.4 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Subsistema Motriz.

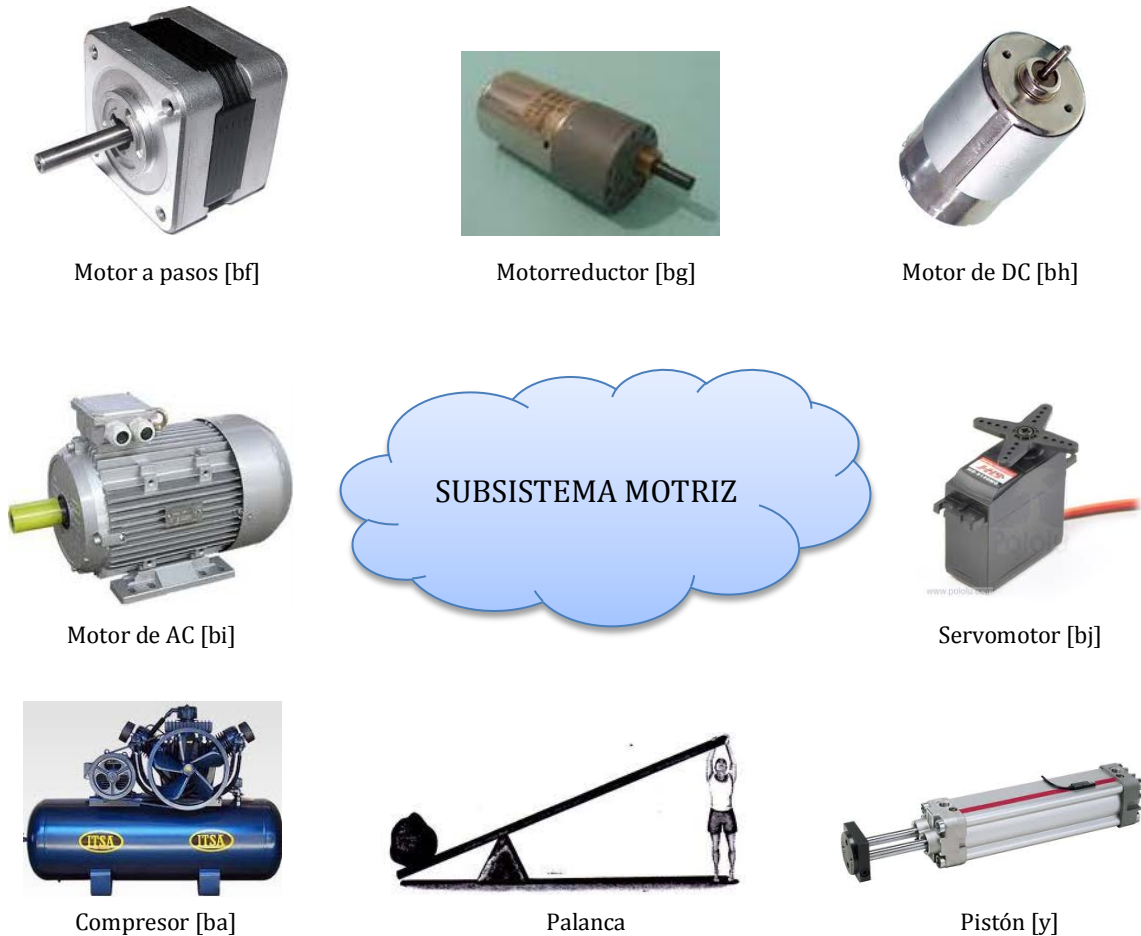







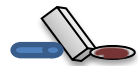









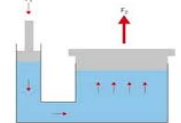














Figura 3.4 Lluvia de Ideas del Subsistema Motriz

3.1.2 Matriz Morfológica

Utilizando la información generada en la Lluvia de Ideas de cada uno de los subsistemas del Sistema Compactador, se procedió a ordenarla en una Matriz Morfológica. Se decidió descartar las ideas que no fueran aptas para el proyecto y se conservaron las que se consideraron de mayor aplicación con el objeto de obtener combinaciones de posibles soluciones para dicho sistema. Para lo anterior, las ideas se dividieron en: formas de desplazamiento y de compactar, posición para compactar, transmisión de la fuerza y elementos para compactar, como se muestra en la Tabla 3.1.

En la Tabla 3.1 se muestra la Matriz Morfológica del Sistema Compactador.

TABLA 3.1 MATRIZ MORFOLÓGICA DEL SISTEMA COMPACTADOR

Formas de desplazamiento														
Formas de compactar														
Posición para compactar	Horizontal 		Vertical 		Inclinada 									
Transmisión de la fuerza	Bandas 		Cadenas 		Engranajes 		Tornillo de potencia 		Piñón cremallera 		Fuerza Hidráulica 			
Elementos para compactar														

3.1.3 Árboles de Objetivos y Factores de Peso

Para realizar los árboles de objetivos se consideraron los criterios de diseño más importantes para cada subsistema del Sistema Compactador, posteriormente se ponderó el valor de cada criterio con base en los requerimientos, para así obtener los factores de peso del sistema utilizando el árbol de objetivos. Los factores de peso se obtuvieron multiplicando cada nivel del árbol de objetivos por su respectiva ramificación.

En la Figura 3.5 se muestra el árbol de objetivos del Subsistema Reductor de Volumen, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: costo, desempeño, ensamble, mantenimiento, peso y volumen.

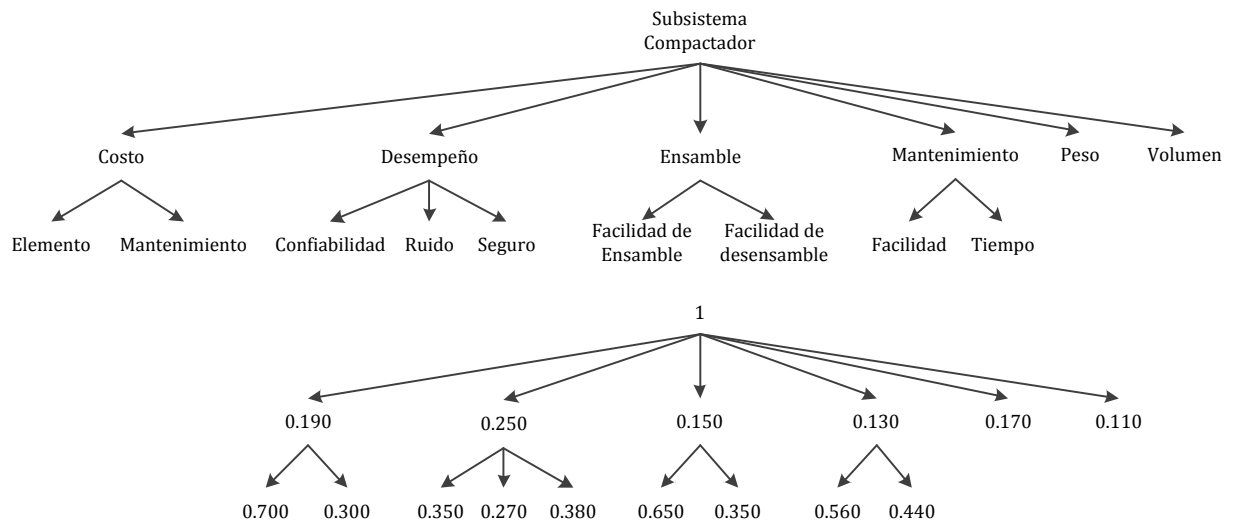


Figura 3.5 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Reductor de Volumen

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 3.5 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 3.2.

TABLA 3.2 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA REDUCTOR DE VOLUMEN

Criterio de Selección	Factores de Peso
Costo del elemento	0.1330
Costo de mantenimiento	0.0570
Peso	0.1700
Confiabilidad	0.0875
Ruido	0.0675
Seguro	0.0950
Facilidad de ensamble	0.0975
Facilidad de desensamble	0.0525
Volumen	0.1100
Facilidad de mantenimiento	0.0728
Tiempo de mantenimiento	0.0572
	1.0000

Para el árbol de objetivos del Subsistema de Contención de Latas se consideraron los siguientes criterios de selección: flexibilidad, costo, limpieza, ensamble, desempeño y peso como se muestra en la Figura 3.6.

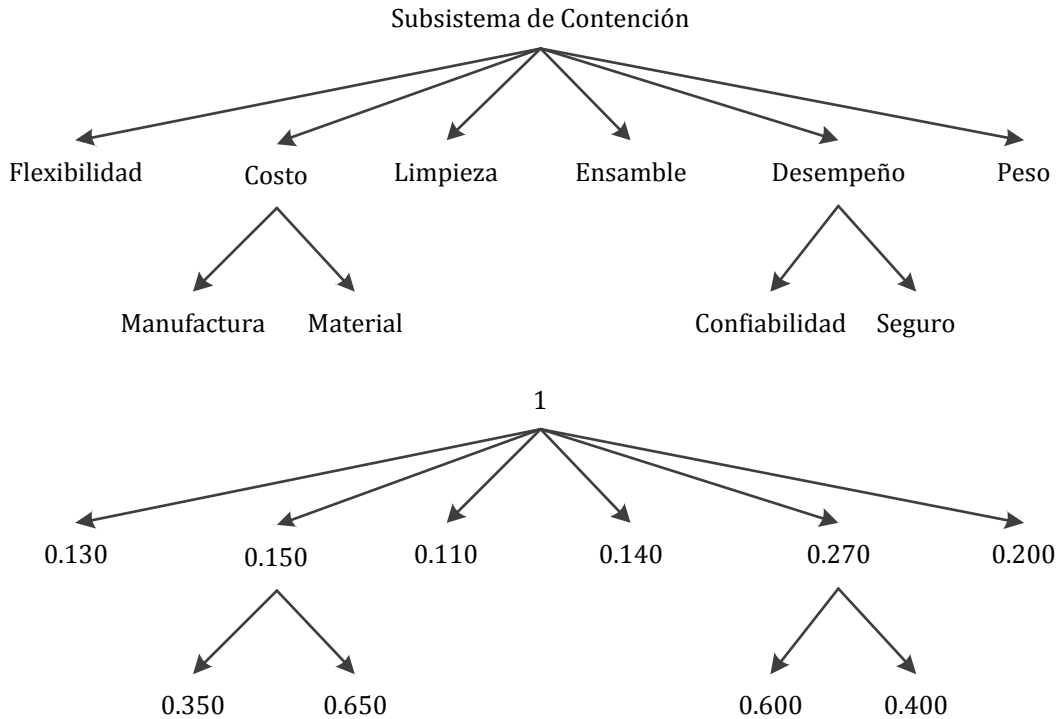


Figura 3.6 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema de Contención de Latas

En la Tabla 3.3 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 3.6.

TABLA 3.3 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS

Criterio de Selección	Factores de Peso
Flexibilidad	0.1300
Costo de manufactura	0.0525
Costo de material	0.0975
Limpieza	0.1100
Ensamble	0.1400
Confiabilidad	0.1620
Seguro	0.1080
Peso	0.2000
	1

En la Figura 3.7 se muestra el árbol de objetivos del Subsistema de Transmisión de Potencia, el cual se podría o no implementar de acuerdo al diseño de la máquina.

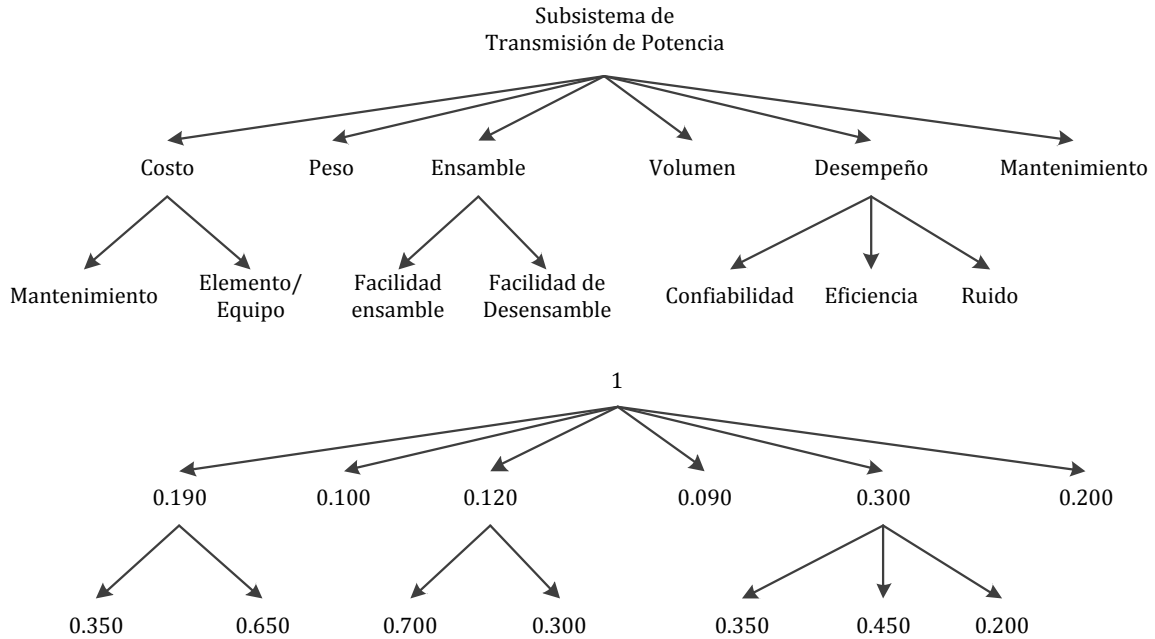


Figura 3.7 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema de Transmisión de Potencia

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 3.7 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Criterio de Selección	Factores de Peso
Costo de mantenimiento	0.0665
Costo del elemento/equipo	0.1235
Peso	0.1000
Facilidad de ensamble	0.0840
Facilidad de desensamble	0.0360
Volumen	0.0900
Confiabilidad	0.1050
Eficeincia	0.1350
Ruido	0.0600
Mantenimiento	0.2000
	1

Para el árbol de objetivos del Subsistema Motriz se consideraron los siguientes criterios de selección: costo del equipo, peso, ensamble, volumen y desempeño como se muestra en la Figura 3.8.

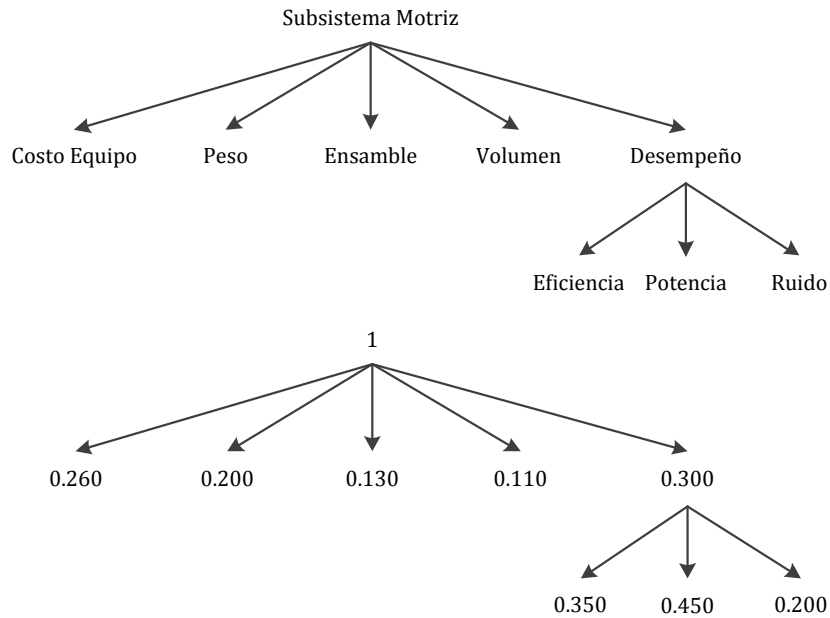


Figura 3.8 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Motriz

En la Tabla 3.5 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 3.8.

TABLA 3.5 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA MOTRIZ

Criterio de Selección	Factores de Peso
Costo del equipo	0.260
Peso	0.200
Ensamble	0.130
Volumen	0.110
Eficiencia	0.105
Potencia	0.135
Ruido	0.060
	1

3.1.4 Matrices de Decisión

Para realizar la Matriz de Decisión, los criterios de evaluación se calificaron con base en la escala de 5 puntos (Capítulo 2, Tabla 2.7). La evaluación de los criterios se obtuvo multiplicando el factor de peso por la calificación otorgada. En la Tabla 3.6 se muestra la evaluación de las cinco propuestas que pudieran cumplir con el objetivo del Subsistema Reductor de Volumen.

TABLA 3.6 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA REDUCTOR DE VOLUMEN

Criterio de Selección	Desempeño			Ensamble		Mantenimiento		Costo		Volumen	Peso	
	Ruido	Seguro	Confiabilidad	Facilidad de ensamble	Facilidad de desensamble	Facilidad	Tiempo	Elemento	Mantenimiento			
Factor de Peso	0.0675	0.095	0.0875	0.0975	0.0525	0.0728	0.0572	0.133	0.057	0.11	0.17	
Unidades	dB	Subjetivo	Subjetiva	Elementos	Subjetiva	Subjetiva	Horas	\$	\$	m ³	Kg	
Prensa (Gato Tijera)	Magnitud	65	Buena	Buena	1	Fácil	Sencilla	0.1	300-1700	25	0.02025	4.1
	Calificación	3	5	4	5	4	5	4	4	4	3	3
	Evaluación	0.2025	0.475	0.35	0.4875	0.21	0.364	0.2288	0.532	0.228	0.33	0.51
Gato Hidráulico	Magnitud	85	Buena	Excelente	1	Medio	Media	0.1667	230	25	0.08154	2.4
	Calificación	1	5	5	5	2	3	3	5	4	2	2
	Evaluación	0.0675	0.475	0.4375	0.4875	0.105	0.2184	0.1716	0.665	0.228	0.22	0.34
Pistón Neumático	Magnitud	15	Buena	Regular	1	Medio	Media	0.6	500	30-100	0.00049	0.5
	Calificación	4	5	3	5	2	2	3	4	3	4	4
	Evaluación	0.27	0.475	0.2625	0.4875	0.105	0.1456	0.1716	0.532	0.171	0.44	0.68
Ruedas Dentadas	Magnitud	70	Buena	Buena	6 10	Medio	Media	0.2	Caros	25	0.01080	65
	Calificación	2	5	5	1	3	3	4	1	4	4	1
	Evaluación	0.135	0.475	0.4375	0.0975	0.1575	0.2184	0.2288	0.133	0.228	0.44	0.17
Rodillos Dentados	Magnitud	53	Buena	Buena	2	Medio	Media	0.4	Caros	25	0.01080	73
	Calificación	3	5	5	3	3	3	3	1	4	3	1
	Evaluación	0.2025	0.475	0.4375	0.2925	0.1575	0.2184	0.1716	0.133	0.228	0.33	0.17

De la Tabla 3.6 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Subsistema Reductor de Volumen es la prensa (gato tijera).

Para la evaluación del Subsistema de Contención de Latas se propusieron siete opciones que cumplieran con el objetivo del subsistema como se muestra en la Tabla 3.7.

TABLA 3.7 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS

Criterio de Selección	Costo		Desempeño						
	Manufatura	Material	Confiabilidad	Seguridad	Flexibilidad	Limpieza	Peso	Ensamble	
Factores de Peso	0.0525	0.0975	0.162	0.108	0.13	0.11	0.2	0.14	
Unidades	\$/hora	\$/m ²	Subjetiva	Subjetiva	GPa	Subjetiva	Kg/m ³	Subjetivo	
Persianas	Magnitud	100	250	Poco	Bajo	2.4 - 2.75	Media	1450	Diffcil
	Calificación	4	3	1	2	2	3	3	2
	Evaluación	0.21	0.2925	0.162	0.216	0.26	0.33	0.6	0.28
Paredes de Tela	Magnitud	56	57.1429	Medio	Alto	7.9	Diffcil	0.353	Fácil
	Calificación	5	5	3	4	3	1	5	5
	Evaluación	0.2625	0.4875	0.486	0.432	0.39	0.11	1	0.7
Cortina Corrediza	Magnitud	50	126.554	Alto	Alto	68 - 73	Fácil	2700	Diffcil
	Calificación	5	4	4	5	4	4	3	2
	Evaluación	0.2625	0.39	0.648	0.54	0.52	0.44	0.6	0.28
Pared de Acrílico	Magnitud	50	375	Alto	Alto	6	Fácil	1190	Fácil
	Calificación	5	3	5	5	2	4	4	4
	Evaluación	0.2625	0.2925	0.81	0.54	0.26	0.44	0.8	0.56
Rejilla	Magnitud	300	621.505	Alto	Alto	190-210	Media	7900	Fácil
	Calificación	3	1	5	4	5	3	2	5
	Evaluación	0.1575	0.0975	0.81	0.432	0.65	0.33	0.4	0.7
Red Elástica	Magnitud	40	40	Medio	Bajo	3.9	Diffcil	1140	Medio
	Calificación	5	5	3	2	2	1	5	3
	Evaluación	0.2625	0.4875	0.486	0.216	0.26	0.11	1	0.42
Pared Metálica	Magnitud	100	150	Alto	Alto	200	Fácil	7850	Fácil
	Calificación	4	4	5	5	5	5	1	5
	Evaluación	0.21	0.39	0.81	0.54	0.65	0.55	0.2	0.7

En la Tabla 3.7 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Subsistema de Contención de Latas es la pared metálica.

En la Tabla 3.8 se muestra la evaluación de las seis propuestas que pudieran cumplir con el objetivo del Subsistema de Transmisión de Potencia.

TABLA 3.8 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Criterio de Selección	Costo		Desempeño			Ensamble		Mantenimiento	Peso	Volumen		
	Mantenimiento	Elemento/Equipo	Confiabilidad	Eficiencia	Ruido	Facilidad de ensamble	Facilidad de desensamble					
Factores de Peso	0.0665	0.1235	0.105	0.135	0.06	0.084	0.036	0.2	0.1	0.09		
Unidades	\$/envase	\$	Subjetiva	%	dB	Subjetiva	Subjetiva	Subjetivo	Kg	m ³		
Engranés	Magnitud	50	280	Alta	90-94	47	Medio	Medio	Fácil	3	0.00004	
	Calificación	3	2	5	3	2	3	2	5	1	4	
	Evaluación	0.1995	0.247	0.525	0.405	0.12	0.252	0.072	1	0.1	0.36	2.821
Bandas	Magnitud	0	72	Media	96--98	25	Fácil	Fácil	Nulo	0.3	0.00020	
	Calificación	5	4	3	4	4	5	5	2	3	2	
	Evaluación	0.3325	0.494	0.315	0.54	0.24	0.42	0.18	0.4	0.3	0.18	2.922
Cadenas	Magnitud	26	140	Alta	95--97	55	Fácil	Fácil	Fácil	0.3	0.00004	
	Calificación	4	3	4	4	1	4	5	5	3	3	
	Evaluación	0.266	0.3705	0.42	0.54	0.06	0.336	0.18	1	0.3	0.27	3.173
Piñón Cremallera	Magnitud	50	1210	Alta	90--94	31	Medio	Difícil	Medio	2.3	0.00750	
	Calificación	3	2	4	3	3	3	2	4	2	2	
	Evaluación	0.1995	0.247	0.42	0.405	0.18	0.252	0.072	0.8	0.2	0.18	2.576
Tornillo de Potencia	Magnitud	30	2450	Media	80--85	39	Medio	Fácil	Fácil	5	0.00020	
	Calificación	4	1	3	2	3	3	4	5	1	2	
	Evaluación	0.266	0.1235	0.315	0.27	0.18	0.252	0.144	1	0.1	0.18	2.551
Compresor	Magnitud	Caro	2390	Alta	93--96	61	Difícil	Difícil	Difícil	17	0.05324	
	Calificación	1	1	4	4	0	2	1	1	0	1	
	Evaluación	0.0665	0.1235	0.42	0.54	0	0.168	0.036	0.2	0	0.09	1.554

De la Tabla 3.8 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Subsistema de Transmisión de Potencia son las cadenas.

Para la evaluación del Subsistema Motriz se propusieron cuatro opciones que cumplieran con el objetivo del subsistema como se muestra en la Tabla 3.9.

TABLA 3.9 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA MOTRIZ

Criterio de Selección	Desempeño							
	Eficiencia	Potencia	Ruido	Volumen	Peso	Costo de equipo	Ensamble	
Factores de Peso	0.105	0.135	0.06	0.11	0.2	0.26	0.13	
Unidades	%	Watt	dB	m ³	Kg	\$	Subjetivo	
Motor DC	Magnitud	90	100	65	0.00169	2	850	Sencilla
	Calificación	5	5	4	3	4	5	5
	Evaluación	0.525	0.675	0.24	0.33	0.8	1.3	0.65
Motor Alterna	Magnitud	80	500	70	0.00942	8.3	1800	Sencilla
	Calificación	4	3	3	3	2	2	5
	Evaluación	0.42	0.405	0.18	0.33	0.4	0.52	0.65
Compresor	Magnitud	75	560	65	0.14175	17	1948	Media
	Calificación	3	3	4	1	1	1	3
	Evaluación	0.315	0.405	0.24	0.11	0.2	0.26	0.39
Motor a Pasos	Magnitud	65	120	60	0.00068	1.5	1500	Media
	Calificación	2	5	5	5	5	3	3
	Evaluación	0.21	0.675	0.3	0.55	1	0.78	0.39

En la Tabla 3.9 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Subsistema Motriz es el motor DC.

3.2 Diseño de Detalle

Con base en las alternativas de solución obtenidas en la etapa de Diseño Conceptual del Sistema Compactador. En este apartado se presenta la selección de los materiales y procesos de manufactura de los elementos que componen cada uno de los subsistemas, así como la estimación de los costos de manufactura y por parte.

También se realizó el cálculo para determinar la fuerza que necesita el mecanismo destinado para compactar latas, el cual se muestra en el Anexo C. Finalmente se realizó un análisis de elemento finito para determinar los esfuerzos y la deformación a la que está sometida la placa que compacta las latas.

3.2.1 Selección de Material y Procesos de Manufactura

El único subsistema que requirió de esta parte fue el de Contención de Latas, para lo cual se realizó un árbol de objetivos y una Matriz de Decisión para seleccionar el material dependiendo de la función del subsistema. En la Figura 3.9 se muestra el árbol de objetivos del material del Subsistema de Contención de Latas, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: costo, disponibilidad y propiedades del material.

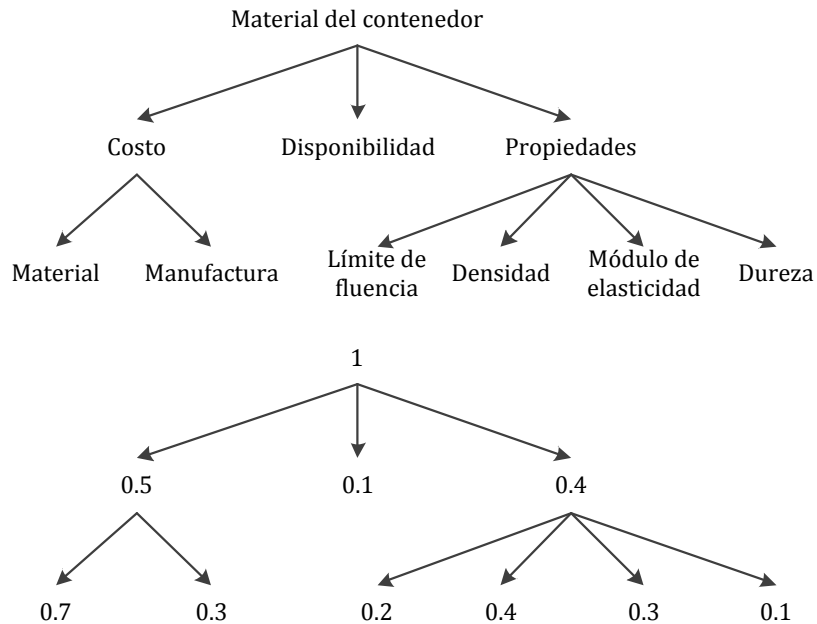


Figura 3.9 Árbol de objetivos ponderado del material del Subsistema de Contención de Latas

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 3.9 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 3.10.

TABLA 3.10 FACTORES DE PESO DEL MATERIAL DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS

Criterio de Selección	Factores de Peso
Costo del material	0.35
Costo de manufactura	0.15
Límite de fluencia	0.08
Densidad	0.16
Módulo de elasticidad	0.12
Dureza	0.04
Disponibilidad	0.10
	1

Con los criterios de selección y los factores de peso de la Tabla 3.10, se evaluaron cada uno de los materiales que podrían ser utilizados para el Subsistema de Contención de Latas. En la Tabla 3.11 se muestra la evaluación de las seis propuestas de materiales que pudieran cumplir con el objetivo del Subsistema de Contención de Latas.

TABLA 3.11 MATRIZ DE DECISIÓN DEL MATERIAL DEL SUBSISTEMA DE CONTENCIÓN DE LATAS

Criterio de Selección	Costo		Propiedades				Disponibilidad		
	Material	Manufatura	Límite de fluencia	Densidad	Módulo de elasticidad	Dureza			
Factores de Peso	0.35	0.15	0.08	0.16	0.12	0.04	0.1		
Unidades	\$/placa	\$/corte	MPa	kg/m ³	GPa	Brinell			
Lámina negra 1018	Magnitud	665	25	205	7850	200	200	Alto	
	Calificación	5	5	4	1	5	5	4	
	Evaluación	1.75	0.75	0.32	0.16	0.6	0.2	0.4	4.18
Aluminio 1100	Magnitud	970	25	117.685	2710	68.9	32	Alto	
	Calificación	4	5	2	5	3	1	5	
	Evaluación	1.4	0.75	0.16	0.8	0.36	0.04	0.5	4.01
Acero inoxidable 304	Magnitud	3190	25	505	7639.11	200	150	Alto	
	Calificación	2	5	5	1	5	5	5	
	Evaluación	0.7	0.75	0.4	0.16	0.6	0.2	0.5	3.31
Aluminio 6061 1/4"	Magnitud	9150	25	255	2765	68.9	95	Bajo	
	Calificación	1	5	4	5	3	4	2	
	Evaluación	0.35	0.75	0.32	0.8	0.36	0.16	0.2	2.94
Lámina Galvanizada	Magnitud	1004	25	303	7870	200	120	Medio	
	Calificación	4	5	3	1	5	3	3	
	Evaluación	1.4	0.75	0.24	0.16	0.6	0.12	0.3	3.57
Acero Inoxidable 316	Magnitud	5400	25	540	7639.11	193	165	Medio	
	Calificación	1	5	5	2	4	4	2	
	Evaluación	0.35	0.75	0.4	0.32	0.48	0.16	0.2	2.66

De la Tabla 3.11 se observa que la alternativa de material mejor evaluada para los elementos del Subsistema de Contención de Latas es la lámina negra 1018.

Con base en las alternativas de solución obtenidas en la etapa de Diseño Conceptual para el Subsistema Reductor de Volumen se tomaron en cuenta siete prensas comerciales. Para seleccionar la más adecuada, se realizó un árbol de objetivos considerando las siguientes características de las prensas: la carga, costo, volumen, dimensiones, peso y avance por revolución como se muestra en la Figura 3.10.

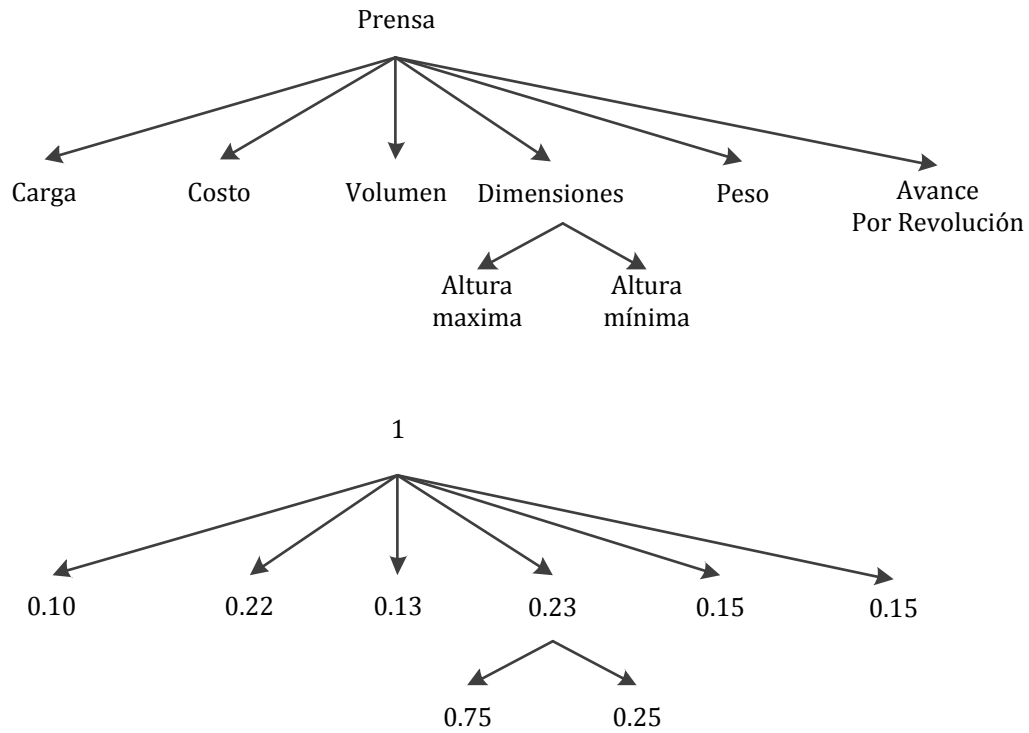


Figura 3.10 Árbol de objetivos ponderado de la Prensa

En la Tabla 3.12 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 3.10.

TABLA 3.12 FACTORES DE PESO DE LA PRENSA

Criterio de Selección	Factores de Peso
Carga	0.1000
Costo	0.2200
Volumen	0.1300
Altura máxima	0.1725
Altura mínima	0.0575
Peso	0.1500
Avance por revolución	0.1700
	1

Para la evaluación del Subsistema Reductor de Volumen se propusieron siete prensas que cumplieran con el objetivo del subsistema como se muestra en la Tabla 3.13.

TABLA 3.13 MATRIZ DE DECISIÓN DE LAS PRENSAS PARA EL SUBSISTEMA REDUCTOR DE VOLUMEN

Criterio de selección	Carga	Costo prensa	Volumen	Dimensiones		Peso	Avance por revolución		
				Altura máxima	Altura mínima				
Factores de peso	0.1	0.22	0.13	0.1725	0.0575	0.15	0.17		
Unidades	Ton	\$	m ³	cm	cm	kg	m/rev		
Gato de Tijera Mikels	Magnitud	1	270.00	0.02100	40	9.5	3.5		
	Calificación	3	3	4	5	4	4		
	Evaluación	0.3	0.66	0.52	0.8625	0.23	0.6	0	3.173
Gato Surtek	Magnitud	1	300		35	8.5			
	Calificación	3	3		4	4			
	Evaluación	0.3	0.66	0	0.69	0.23	0	0	1.880
Gato de Tijera de 12 V	Magnitud	1	1750.00	0.01337	36.5	12	5.5		
	Calificación	3	1	5	4	2	3		
	Evaluación	0.3	0.22	0.65	0.69	0.115	0.45	0	2.425
Gato Mikels	Magnitud	0.8	213.00	0.02280	31	8	1.7		
	Calificación	4	4	4	3	5	5		
	Evaluación	0.4	0.88	0.52	0.5175	0.2875	0.75	0	3.355
Gato de Tijera Jack	Magnitud	1	96.39	0.00317	35	10	2		
	Calificación	3	5	5	4	3	5		
	Evaluación	0.3	1.1	0.65	0.69	0.1725	0.75	0	3.663
Gato Scissors	Magnitud	2	150.38	0.04234	41	10	3.17		
	Calificación	2	4	3	5	3	4		
	Evaluación	0.2	0.88	0.39	0.8625	0.1725	0.6	0	3.105
Gatos Scissors Jack Eléctrico	Magnitud	1	653.91	0.05594	35	12	8.5		
	Calificación	3	2	3	4	2	2		
	Evaluación	0.3	0.44	0.39	0.69	0.115	0.3	0	2.235

En la Tabla 3.13 se observa que la prensa mejor evaluada para el Subsistema Reductor de Volumen es el gato de tijera Jack.

Los únicos procesos de manufactura que se seleccionaron fueron para las placas del Subsistema Reductor de Volumen y para las paredes del Subsistema de Contención de Latas, los otros elementos de los subsistemas son piezas comerciales. En la Tabla 3.14 se muestran los elementos y sus respectivos procesos de manufactura.

TABLA 3.14 SISTEMAS DE LA MÁQUINA COMPACTADORA

Subsistema	Material	Elemento	Proceso de Manufactura
Reductor de Volumen		Prensa (Gato tijera)	Pieza comercial
	Acero 1018	Placas (2)	Soldadura
Contención de Latas	Lámina negra 1018	Paredes (4)	Pailería
Transmisión de Potencia		Cadenas	Pieza comercial
Motriz		Motor DC	Pieza comercial

Para determinar los esfuerzos a los que está sometida la placa móvil, es la placa que tiene la función de compactar, se decidió realizar un análisis de esfuerzos y desplazamiento con el software Unigraphics NX 7.5. Se le aplicó a la placa móvil una carga distribuida de 180 [Kg], la cual se obtuvo de las pruebas de compactación (ver Anexo B).

Análisis de esfuerzos

El comportamiento de la placa móvil de acero al aplicarle la carga se muestra en la figura 3.11, de la cual se puede observar que la zona central de la placa es en donde se presentan esfuerzos de 14.71 a 36.74 [MPa].

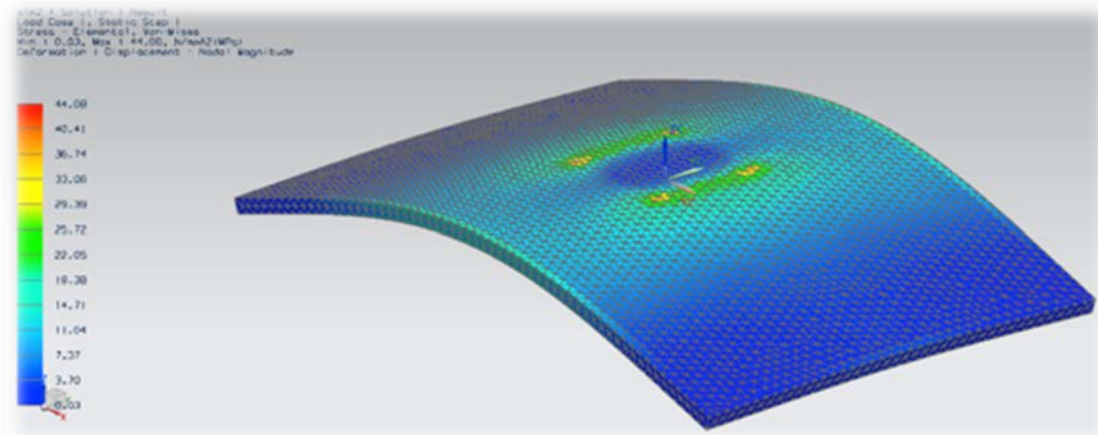


Figura 3.11 Análisis de esfuerzos de la placa móvil

Análisis de desplazamiento Z

El análisis de desplazamiento se realizó aplicando la carga en el eje Z. El comportamiento de la placa de acero se muestra en la figura 3.12, en la cual se puede observar que en los extremos de la placa se presenta el máximo desplazamiento de 0.282 [mm] y en el centro se presenta el mínimo desplazamiento de 0.0 [mm].

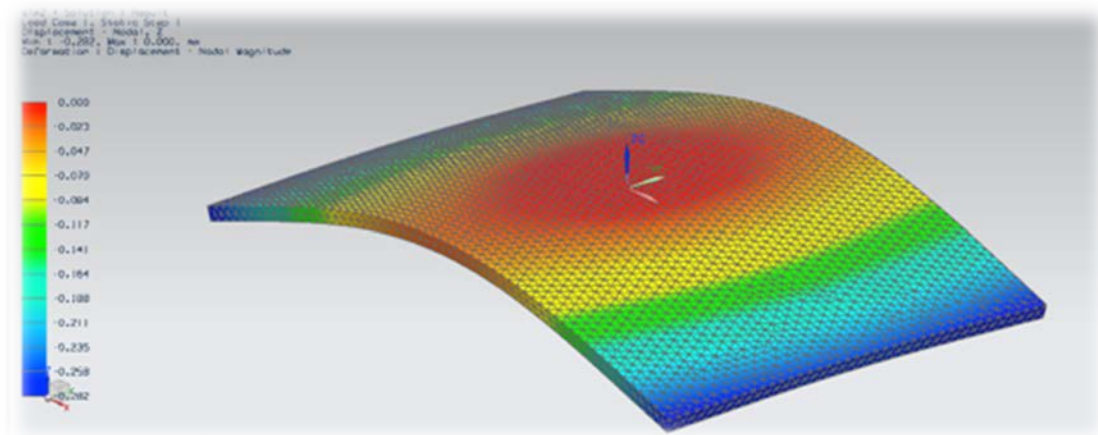


Figura 3.12 Análisis de desplazamiento de la placa móvil

3.2.2 Costos de Manufactura

Con base en los procesos de manufactura seleccionados para los componentes de los diferentes sistemas mostrados en la Tabla 3.14, se presenta una estimación de los costos utilizando la ecuación (1) (ver Capítulo 2, apartado 2.2.2).

Subsistema de Contención de Latas

Paredes

Los valores de las variables para obtener el costo de las paredes utilizando la ecuación (1) son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} V = 0.000152 \text{ [m}^3\text{];} & P_c = 7.82 \text{ [\$];} \\ C_{mv} = 97979.991 \text{ [$/m}^3\text{];} & R_c = 1 \end{array}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1), el costo de manufactura es de:

$$\begin{aligned} C &= 0.000152 * 97979.991 + 7.82 * 1 \\ C &= \mathbf{\$22.71} \end{aligned}$$

Subsistema Reductor de Volumen de Latas

Placas

Los valores de las variables para obtener el costo de las placas utilizando la ecuación (1) son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} V = 0.000762 \text{ [m}^3\text{];} & P_c = 116 \text{ [\$];} \\ C_{mv} = 143894.93976515 \text{ [$/m}^3\text{];} & R_c = 1.1 \end{array}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1), el costo de manufactura es de:

$$\begin{aligned} C &= 0.000762 * 143894.93976515 + 116 * 1.1 \\ C &= \mathbf{\$237.25} \end{aligned}$$

Considerando que para el Subsistema de Contención de Latas se necesitan al menos dos paredes y para el Subsistema Reductor de Volumen de Latas se necesitan dos placas, una móvil y una fija, el costo total de manufactura es de \$532.74.

3.2.3 Costo por Parte

Se decidió aplicar el método de “Costo por Parte” [12] a los Subsistemas de Contención de Latas y Reductor de Volumen porque permite de forma independiente y detallada estimar el costo de los elementos del sistema. El tipo de moneda que se maneja son pesos mexicanos. En la Tabla 3.15 se presenta lo correspondiente a la estimación del costo de las paredes del Subsistema de Contención de Latas.

TABLA 3.15 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS PAREDES

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Total [\$]
Lámina negra 1018 calibre 16 (0.2 x 0.25 m)	7.45		7.45
Cizallado		31.25	31.25
Doblado de lámina		15.00	15.00
		Total	\$53.70

Lo correspondiente a la estimación del costo de la placa móvil del Subsistema Reductor de Volumen se muestra en la Tabla 3.16.

TABLA 3.16 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PLACA MÓVIL

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Placa de acero 1018 de ¼" (0.2 x 0.3 m)	109.65			109.65
Corte de placa		16.00	20.00	36.00
Prensa (mecanismo compactador)	100.00			100.00
Soldadura	10.00	20.00	30.00	60.00
			Total	\$295.65

En la Tabla 3.17 se presenta lo correspondiente al costo del trabajo de ingeniería de la placa fija del Subsistema Reductor de Volumen.

TABLA 3.17 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PLACA FIJA

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Placa de acero 1018 de ¼" (0.2 x 0.3 m)	109.65			109.65
Corte de placa		16.00	20.00	36.00
			Total	\$145.65

La estimación del costo total para el Sistema Compactador es de \$508.86. Se debe resaltar que falta considerar el costo de los elementos comerciales del Sistema Compactador: Cadenas y el motor DC.

Capítulo 4

Rediseño del Sistema Dispensador

En este capítulo se muestra la metodología empleada para rediseñar el Sistema Dispensador de la máquina. Este consiste en dos grandes secciones: el diseño conceptual y el diseño de detalle. En la parte de diseño conceptual se dividió el Sistema Dispensador en subsistemas para facilitar y mejorar el diseño, los cuales son:

- Subsistema Dosificador.
- Subsistema Direccionador.
- Subsistema Motriz.

4.1 Diseño Conceptual

Con base en la información anterior del proyecto, se aplicaron algunos métodos y técnicas para obtener las mejores alternativas de solución para cada uno de los subsistemas del Sistema Dispensador, y con ello obtener la mejor alternativa de solución para el sistema en general. Este proceso se dividió en varias etapas: la generación de ideas, la selección de las alternativas viables y la determinación de las mejores alternativas.

4.1.1 Lluvia de Ideas

Para nuestro caso de aplicación, se utilizó la técnica “Lluvia de Ideas” para cada uno de los subsistemas. Para llevarla a cabo, se pidió a los integrantes del equipo que pensarán en ideas referentes a cada uno de los subsistemas.

En la Figura 4.1 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Subsistema Dosificador.



Figura 4.1 Lluvia de Ideas del Subsistema Dosificador

En la Figura 4.2 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Subsistema Direccional.



Figura 4.2 Lluvia de Ideas del Subsistema Direccional

En la Figura 4.3 se muestran las ideas generadas después de realizar la Lluvia de Ideas para el Subsistema Motriz.




















Figura 4.3 Lluvia de Ideas del Subsistema Motriz

4.1.2 Matriz Morfológica

Utilizando la información generada en la Lluvia de Ideas de cada uno de los subsistemas del Sistema Dispensador, se procedió a ordenarla en una Matriz Morfológica. Se decidió descartar las ideas que no fueran aptas para el proyecto y se conservaron las que se consideraron de mayor aplicación con el objeto de obtener combinaciones de posibles soluciones para dicho sistema. Para lo anterior, las ideas se dividieron en: elementos del dispensador y del direccionador, dirección de dispensado y movimiento del dispensador como se muestra en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1 MATRIZ MORFOLÓGICA DEL SISTEMA DISPENSADOR

Elementos del dispensador	Cilindro con aspas 	Paletas 	Aspas 	Disco perforado 	Banda transportadora 	Compuertas 	Mecanismo molino agua 
Elementos del direccionador	Rampa 	Resbaladilla 	Tobogán 	Ducto 	Banda transportadora 	Directo 	
Dirección de dispensado	Vertical 	Horizontal 					
Movimiento del dispensador	Lineal 	Angular 					

4.1.3 Árboles de Objetivos y Factores de Peso

Para realizar los árboles de objetivos se consideraron los criterios de diseño más importantes para cada subsistema del Sistema Dispensador con base en los requerimientos. Posteriormente se ponderó el valor de cada criterio para así obtener los factores de peso del sistema utilizando el árbol de objetivos. En la Figura 4.4 se muestra el árbol de objetivos del Subsistema Dosificador, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: peso, costo, ensamble, desempeño, volumen y algunas características.

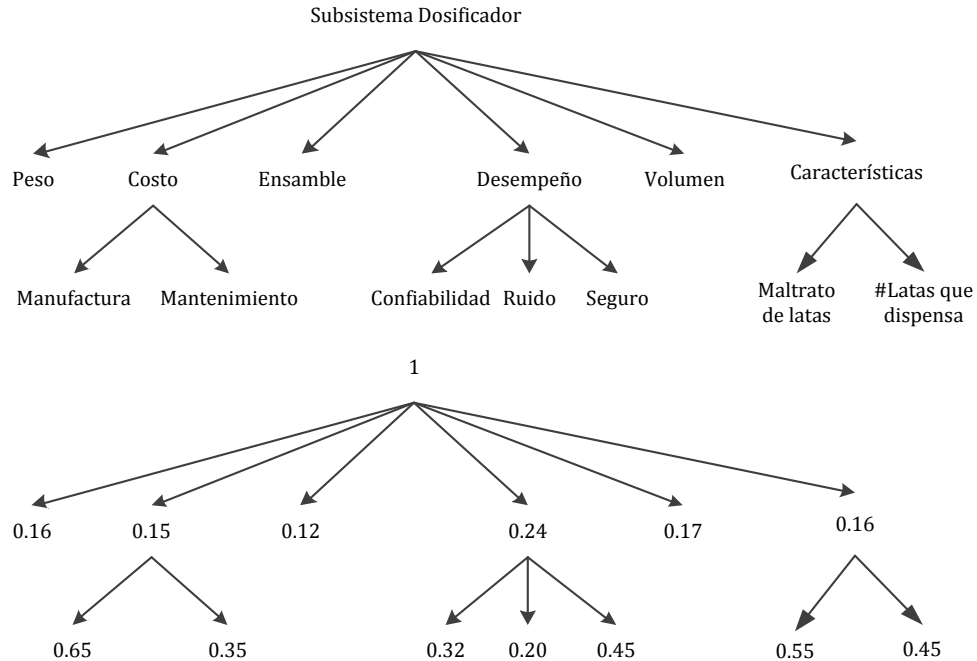


Figura 4.4 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Dosificador

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 4.4 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 4.2.

TABLA 4.2 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

Criterio de Selección	Factores de Peso
Peso	0.1600
Costo de Manufactura	0.0975
Costo de Mantenimiento	0.0525
Ensamble	0.1200
Desempeño seguro	0.0840
Ruido	0.0480
Confiabilidad del desempeño	0.1080
Volumen	0.1700
Maltrato de latas	0.0880
Número de latas que dispensa	0.0720
	1.0000

Para el árbol de objetivos del Subsistema Direccionador se consideraron los siguientes criterios de selección: costo, peso, volumen y desempeño como se muestra en la Figura 4.5.

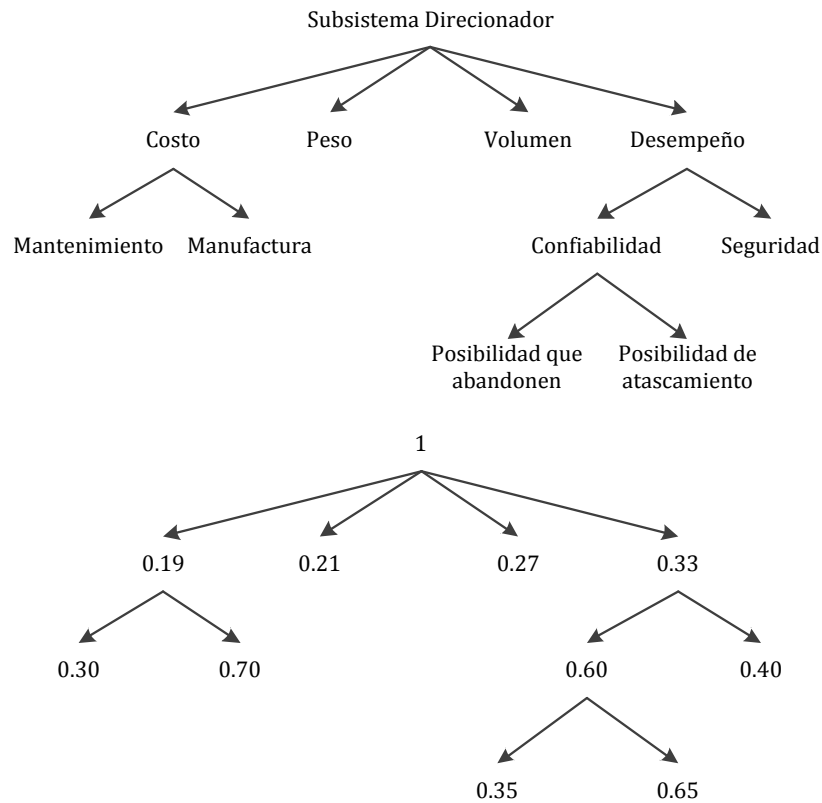


Figura 4.5 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Direccionador

En la Tabla 4.3 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 4.5.

TABLA 4.3 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA DIRECCIONADOR

Criterio de Selección	Factores de Peso
Costo de Mantenimiento	0.0570
Costo de Manufactura	0.1330
Peso	0.2100
Volumen	0.2700
Factibilidad de que salgan las latas	0.0693
Posibilidad de atascamiento	0.1287
Seguro	0.1320
	1.0000

En la Figura 4.6 se muestra el árbol de objetivos del Subsistema Motriz, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: costo del equipo, peso, desempeño, volumen y ensamble.

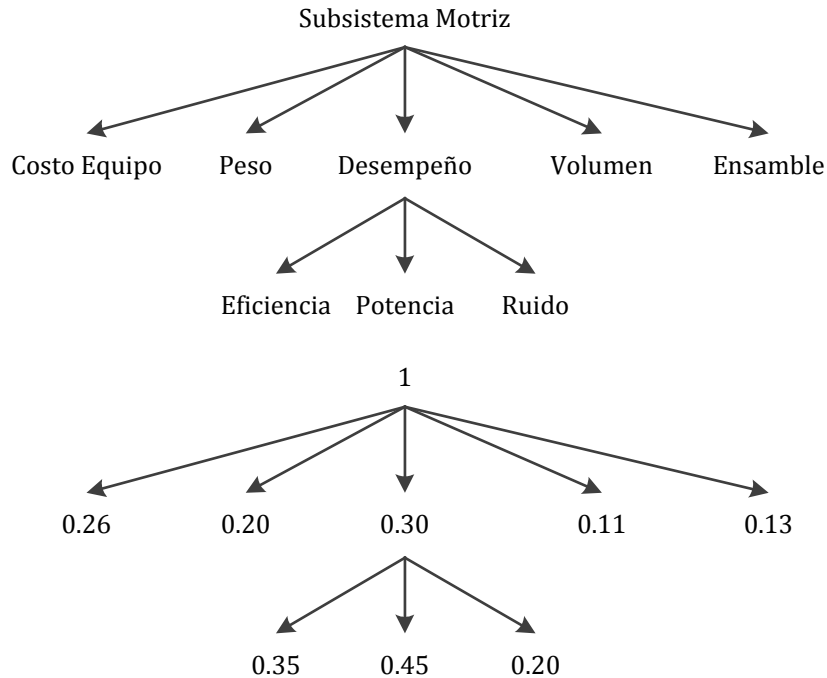


Figura 4.6 Árbol de objetivos ponderado del Subsistema Motriz

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 4.6 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 4.4.

TABLA 4.4 FACTORES DE PESO DEL SUBSISTEMA MOTRIZ

Criterio de Selección	Factores de Peso
Volumen	0.110
Peso	0.200
Costo de equipo	0.260
Ensamble	0.130
Eficiencia	0.105
Potencia	0.135
Ruido	0.060
	1.000

4.1.4 Matrices de Decisión

Para realizar la Matriz de Decisión, los criterios de evaluación se calificaron con base en escala de 5 puntos (Capítulo 2, Tabla 2.7). La evaluación de los criterios se obtuvo multiplicando el factor de peso por la calificación otorgada.

En la Tabla 4.5 se muestra la evaluación de las cuatro propuestas que pudieran cumplir con el objetivo del Subsistema Dosificador.

TABLA 4.5 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

Criterio de Selección	Peso	Costo		Ensamble	Desempeño			Volumen	Características			
		Manufactura	Mantenimiento		Seguridad	Ruido	Confiabilidad		Maltrato	No. De latas		
Factores de Peso	0.17	0.0975	0.0525	0.12	0.084	0.048	0.108	0.16	0.088	0.072		
Unidades	Kg	\$	\$	Subjetivo	Subjetiva	dB	Subjetiva	m ³	Subjetivo	No. Latas		
Cilindro con aspas	Magnitud	1.4	600	25	complejo	poco seguro	70	muy	0.1505	regular	1 a 3	
	Calificación	4	4	5	3	2	4	5	4	4	4	
	Evaluación	0.68	0.39	0.2625	0.36	0.168	0.192	0.54	0.64	0.352	0.288	3.873
Paletas	Magnitud	1.3	650	50	Medio	poco seguro	75	medianamente	0.1505	regular	1 a 2	
	Calificación	4	3	3	4	2	3	3	4	4	3	
	Evaluación	0.68	0.2925	0.1575	0.48	0.168	0.144	0.324	0.64	0.352	0.216	3.454
Aspas	Magnitud	1.8	630	70	complejo	poco seguro	70	medianamente	0.2255	mucho	1 a 3	
	Calificación	3	3	2	3	2	4	3	2	5	4	
	Evaluación	0.51	0.2925	0.105	0.36	0.168	0.192	0.324	0.32	0.44	0.288	3.000
Disco Perforado Giratorio	Magnitud	0.8	350	25	sencillo	seguro	60	poco	0.000141	nulo	1	
	Calificación	5	5	5	5	3	5	1	5	1	1	
	Evaluación	0.85	0.4875	0.2625	0.6	0.252	0.24	0.108	0.8	0.088	0.072	3.760

De la Tabla 4.5 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Subsistema Dosificador es el cilindro con aspas.

Para la evaluación del Subsistema Direccionador se propusieron cuatro opciones que cumplieran con el objetivo del subsistema como se muestra en la Tabla 4.6.

TABLA 4.6 MATRIZ DE DECISIÓN DEL SUBSISTEMA DIRECCIONADOR

Criterio de Selección	Costo				Desempeño				
	Manufactura	Mantenimiento	Peso	Volumen	Factibilidad de que salgan las latas	Posibilidad de atascamiento	Seguro		
	Factores de Peso	0.133	0.057	0.21	0.27	0.0693	0.1287		0.132
Unidades	\$	\$	Kg	m ³	Subjetiva	Subjetiva	Subjetivo		
Directo	Magnitud	0	0	0	0	muy probable	nula	poco seguro	
	Calificación	5	5	5	5	1	5	1	
	Evaluación	0.665	0.285	1.05	1.35	0.0693	0.6435	0.132	4.195
Banda Transportadora	Magnitud	150	20	1.5	0.00540	poco probable	poco probable	seguro	
	Calificación	2	2	3	3	4	4	4	
	Evaluación	0.266	0.114	0.63	0.81	0.2772	0.5148	0.528	3.140
Rampa	Magnitud	31.25	0	1	0.00005	poco probable	complicado	seguro	
	Calificación	4	5	4	5	4	5	4	
	Evaluación	0.532	0.285	0.84	1.35	0.2772	0.6435	0.528	4.456
Ducto	Magnitud	78.125	0	1.7	0.00750	complicado	probable	muy seguro	
	Calificación	3	3	2	2	5	1	5	
	Evaluación	0.399	0.171	0.42	0.54	0.3465	0.1287	0.66	2.665

En la Tabla 4.6 se observa que la alternativa mejor evaluada para el Subsistema Direccionador es la rampa.

4.2 Diseño de Detalle

Con base en las alternativas de solución obtenidas en la etapa de Diseño Conceptual del Sistema Dispensador, en este apartado se presenta la selección de los materiales y procesos de manufactura de los elementos que componen cada uno de los subsistemas, así como la estimación de los costos de manufactura y por parte.

4.2.1 Selección de Material y Procesos de Manufactura

Para esta etapa se realizó un árbol de objetivos y una Matriz de Decisión para seleccionar el material de los subsistemas dependiendo de su función. También se seleccionaron los procesos de manufactura con los que se fabricaron los elementos de los sistemas.

Subsistema Dosificador

Los elementos que componen al cilindro con aspas son el eje del dosificador y las aspas, en la Figura 4.8 se muestra el árbol de objetivos del material del eje del dosificador del Subsistema Dispensador, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: propiedades físicas y costo del material.

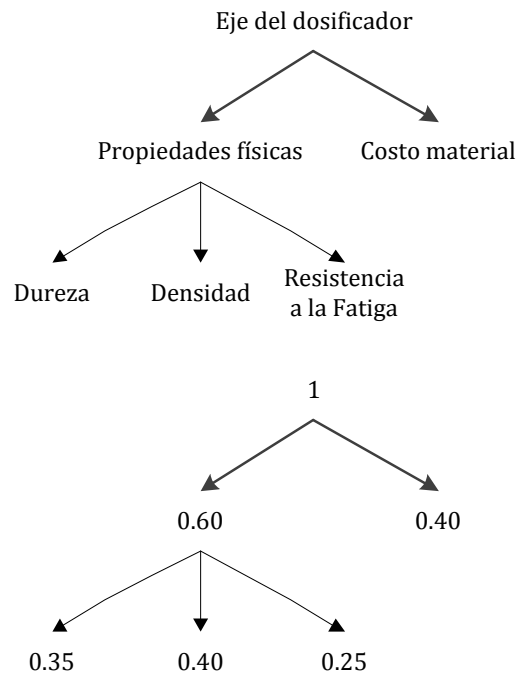


Figura 4.8 Árbol de objetivos ponderado del eje del Subsistema Dosificador

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 4.8 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 4.7.

TABLA 4.7 FACTORES DE PESO DEL EJE DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

Criterio de Selección	Factores de Peso
Dureza	0.21
Densidad	0.24
Resistencia a la Fatiga	0.15
Costo material	0.40
	1.00

Con los criterios de selección y los factores de peso de la Tabla 4.7, se evaluaron cada uno de los materiales que podrían ser utilizados para el eje del Subsistema de Dosificador. En la Tabla 4.8 se muestra la evaluación de las cuatro propuestas de materiales que pudieran cumplir con el objetivo del eje del Subsistema Dosificador.

TABLA 4.8 MATRIZ DE DECISIÓN DEL EJE DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

	Criterio de Selección	Propiedades Físicas				
		Dureza	Densidad	Resistencia a la Fatiga del material	Costo Material	
		Factores de Peso	0.21	0.24	0.15	
Unidades		HB	kg/m ³	MPa	\$/m	
Tubo conduit	Magnitud	220	7850.00	220	30.64	
	Calificación	5	1	5	5	
	Evaluación	1.05	0.24	0.75	2	4.040
Tubo de aluminio	Magnitud	123	2700.00	62	120	
	Calificación	4	3	3	4	
	Evaluación	0.84	0.72	0.45	1.6	3.610
Tubo de nylamid	Magnitud	70	1140.00	40.7	686.01	
	Calificación	3	5	2	1	
	Evaluación	0.63	1.2	0.3	0.4	2.530
Acetal	Magnitud	76	1410.00	31	442.30	
	Calificación	3	4	2	2	
	Evaluación	0.63	0.96	0.3	0.8	2.690

De la Tabla 4.8 se observa que la alternativa de material mejor evaluada para el eje del Subsistema Dosificador es el tubo conduit.

Para el árbol de objetivos de las aspas del Subsistema Dosificador se consideraron los siguientes criterios de selección: propiedades físicas y costo como se muestra en la Figura 4.10.

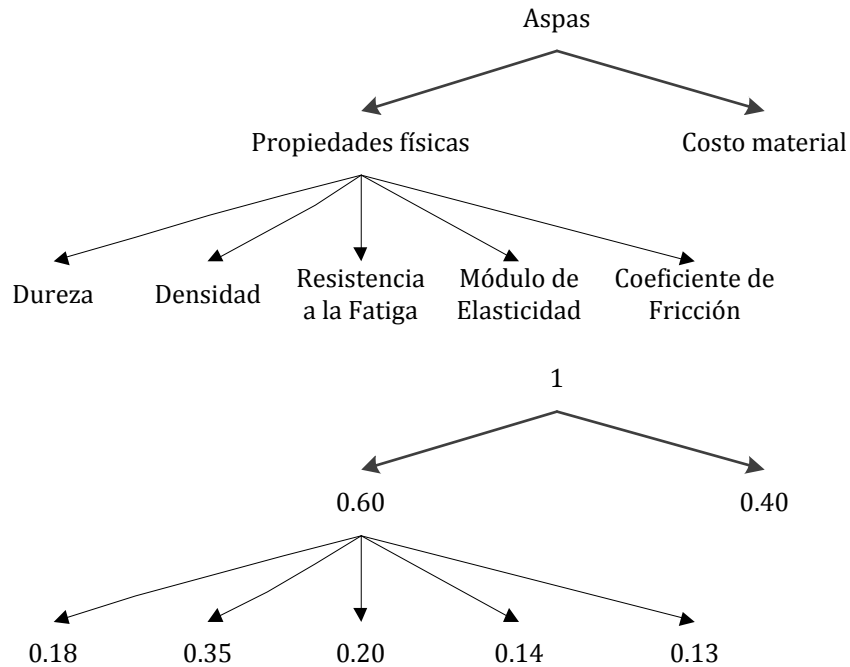


Figura 4.10 Árbol de objetivos ponderado de las aspas del Subsistema Dosificador

En la Tabla 4.9 se muestran los factores de peso que se obtuvieron para cada uno de los criterios de selección a partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 4.10.

TABLA 4.9 FACTORES DE PESO DE LAS ASPAS DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

Criterio de Selección	Factores de Peso
Dureza	0.108
Densidad	0.210
Resistencia a la Fatiga	0.120
Módulo de Elasticidad	0.084
Coficiente de Fricción	0.078
Costo material	0.400
	1

Con los criterios de selección y los factores de peso de la Tabla 4.9, se evaluaron cada uno de los materiales que podrían ser utilizados para las aspas del Subsistema de Dosificador.

Para la evaluación del material de las aspas del Subsistema Dosificador se propusieron cinco materiales que cumplieran con el objetivo del subsistema como se muestra en la Tabla 4.10.

TABLA 4.10 MATRIZ DE DECISIÓN DE LAS ASPAS DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

Criterio de Selección	Propiedades Físicas					Costo Material		
	Dureza	Densidad	Resistencia a la fatiga	Módulo de elasticidad	Coefficiente de fricción dinámico (Acero seco)			
Factores de Peso	0.108	0.21	0.12	0.084	0.078	0.4		
Unidades	HB	kg/m ³	MPa	GPa		\$/pieza		
Aluminio	Magnitud	123.00	2700.00	62.00	68.90	0.47	1111.00	
	Calificación	3.00	3.00	2.00	3.00	1.00	1.00	
	Evaluación	0.32	0.63	0.24	0.25	0.08	0.40	1.92
Nylamid	Magnitud	70.00	1140.00	40.70	20.68	0.20	700.00	
	Calificación	2.00	5.00	1.00	2.00	3.00	2.00	
	Evaluación	0.22	1.05	0.12	0.17	0.23	0.80	2.59
Acetal	Magnitud	76.00	1410.00	31.00	12.10	0.25	977.35	
	Calificación	2.00	4.00	1.00	1.00	3.00	2.00	
	Evaluación	0.22	0.84	0.12	0.08	0.23	0.80	2.29
Lámina negra 1018	Magnitud	200.00	7850.00	205.00	200.00	0.09	665.00	
	Calificación	5.00	1.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
	Evaluación	0.54	0.21	0.00	0.42	0.39	2.00	3.56
Lamina Galvanizada	Magnitud	220.00	7850.00	220.00	200.00	0.09	912.00	
	Calificación	5.00	1.00	5.00	5.00	5.00	2.00	
	Evaluación	0.54	0.21	0.60	0.42	0.39	0.80	2.96

En la Tabla 4.10 se observa que la alternativa mejor evaluada para el material de las aspas del Subsistema Dosificador es la lámina negra 1018.

Subsistema Direccionador

El único elemento del Subsistema Direccionador es una rampa, cuya función es que las latas que se dispensen caigan dentro del Sistema Compactador. En la Figura 4.11 se muestra el árbol de objetivos del material de la rampa del Subsistema Direccionador, en el cual se consideraron los siguientes criterios de selección: costo y algunas propiedades físicas.

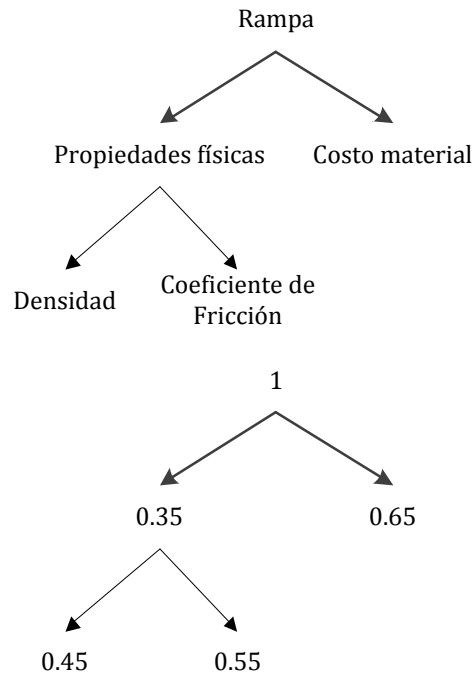


Figura 4.11 Árbol de objetivos ponderado de la rampa del Subsistema Direccionador

A partir del árbol de objetivos ponderado de la Figura 4.11 se obtuvieron los factores de peso para cada uno de los criterios de selección, los cuales se muestran en la Tabla 4.11.

TABLA 4.11 FACTORES DE PESO DE LA RAMPA DEL SUBSISTEMA DIRECCIONADOR

Criterio de Selección	Factores de Peso
Densidad	0.1575
Coficiente de Fricción	0.1930
Costo material	0.6500
	1.0000

Con los criterios de selección y los factores de peso de la Tabla 4.11, se evaluaron cada uno de los materiales que podrían ser utilizados para la rampa del Subsistema de Direccionador.

En la Tabla 4.12 se muestra la evaluación de las cuatro propuestas de materiales que pudieran cumplir con el objetivo de la rampa del Subsistema Direccionador.

TABLA 4.12 MATRIZ DE DECISIÓN DE LA RAMPA DEL SUBSISTEMA DOSIFICADOR

Criterio de Selección	Propiedades Físicas			Costo Material	
	Densidad	Coefficiente de fricción dinámico (Acero seco)			
Factores de Peso	0.1575	0.1925	0.65		
Unidades	kg/m ³			\$/pieza	
Lámina galvanizada	Magnitud	7850	0.57	912	
	Calificación	2	2	3	
	Evaluación	0.315	0.385	1.95	2.650
Lámina de aluminio	Magnitud	2700	0.47	1111	
	Calificación	4	3	2	
	Evaluación	0.63	0.5775	1.3	2.508
Nylamid	Magnitud	1140	0.20	700***	
	Calificación	5	4	4	
	Evaluación	0.7875	0.77	2.6	4.158
Lámina negra 1018	Magnitud	7850	0.09	665	
	Calificación	2	5	5	
	Evaluación	0.315	0.9625	3.25	4.528

De la Tabla 4.12 se observa que la alternativa de material mejor evaluada para la rampa del Subsistema Direccionador es la lámina negra 1018.

Los procesos de manufactura seleccionados para los elementos del Sistema Dispensador se muestran en la Tabla 4.13.

TABLA 4.13 COMPONENTES Y PROCESOS DE MANUFACTURA DE LOS SUBSISTEMAS

Subsistema	Elemento	Material	Proceso de Manufactura
Dispensador	Eje	Tubo conduit	Torneado
			Fresado
	Aspas	Lámina negra 1018	Pailería
Direccionador	Resbaladilla	Lámina negra 1018	Pailería

4.2.2 Costos de Manufactura

Con base en los procesos de manufactura seleccionados para los componentes de los diferentes subsistemas mostrados en la Tabla 4.13, se presenta una estimación de los costos utilizando la ecuación (1) (ver Capítulo 2, apartado 2.2.2).

Subsistema Dosificador

Eje

Los valores de las variables para obtener el costo del eje utilizando la ecuación (1) son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} V = 0.000105 \text{ [m}^3\text{];} & P_c = 650 \text{ [\$];} \\ C_{mv} = 73887.3 \text{ [\$ / m}^3\text{];} & R_c = 1 \end{array}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1), el costo de manufactura es de:

$$\begin{aligned} C &= 0.000105 * 73887.3 + 650 * 1 \\ \mathbf{C} &= \mathbf{\$657.76} \end{aligned}$$

Aspas

Los valores de las variables para obtener el costo de las aspas utilizando la ecuación (1) son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} V = 0.000031 \text{ [m}^3\text{];} & P_c = 7.8125 \text{ [\$];} \\ C_{mv} = 146,488 \text{ [\$ / m}^3\text{];} & R_c = 1 \end{array}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1), el costo de manufactura es de:

$$\begin{aligned} C &= 0.000031 * 1464881 + 7.8125 * 1 \\ \mathbf{C} &= \mathbf{\$12.28 \text{ por aspa}} \end{aligned}$$

Subsistema Direccionador

Rampa

Los valores de las variables para obtener el costo de la rampa utilizando la ecuación (1) son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} V = 0.000062 \text{ [m}^3\text{];} & P_c = 15.625 \text{ [\$];} \\ C_{mv} = 146,488 \text{ [\$ / m}^3\text{];} & R_c = 1 \end{array}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (1), el costo de manufactura es de:

$$\begin{aligned} C &= 0.000062 * 146,488 + 15 * 1 \\ \mathbf{C} &= \mathbf{\$24.08} \end{aligned}$$

Considerando que se necesitan al menos tres aspas para el Subsistema Dosificador, el costo total de manufactura es de \$718.68.

4.2.3 Costo por Parte

Se decidió aplicar el método de “Costo por Parte” [12] a los Subsistemas Dosificador y Direccionador porque permite de forma independiente y detallada estimar el costo de los elementos del sistema. El tipo de moneda que se maneja son pesos mexicanos. En la Tabla 3.15 se presenta lo correspondiente a la estimación del costo del eje del Subsistema Dosificador.

TABLA 4.14 ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL EJE

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Tubo conduit pared gruesa 1 1/4"	40.00			40.00
Montaje en el torno		30.00	120.00	150.00
Montaje en el cabezal divisor		60.00	90.00	150.00
Fresado		100.00	160.00	260.00
Limpieza		15.00	50.00	65.00
Total				\$665.00

Lo correspondiente a la estimación del costo de las aspas del Subsistema Dosificador se muestra en la Tabla 4.15.

TABLA 4.15 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ASPAS

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Lámina negra 1018 calibre 18 (0.1 x 0.25 m)	4.54			4.54
Montaje en la cizalla		10.00	20.00	30.00
Cizallado		15.62		15.62
Total				\$50.16

En la Tabla 4.16 se presenta lo correspondiente a la estimación del costo de la rampa del Subsistema Direccionador.

TABLA 4.16 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA RAMPA

Operación	Material [\$]	Labor [\$]	Costos Fijos [\$]	Total [\$]
Lámina negra 1018 calibre 18 (0.15 x 0.34 m)	12.28			24.08
Montaje en la cizalla		10.00	20.00	30.00
Cizallado		15.62		15.62
Montaje en la dobladora		20.00	20.00	40.00
Doblado de lámina		15.62		15.62
Total				\$125.24

Considerando que se necesitan al menos tres aspas para el Subsistema Dosificador, la estimación del costo total para el Sistema Dispensador es de \$940.72. Se debe resaltar que falta considerar el costo del elemento comercial del Subsistema Motriz: Motor DC.

Capítulo 5

Sistema Electrónico

En este capítulo se describirá detalladamente los elementos electrónicos que se utilizaron en cada uno de los sistemas de la máquina. Además, se muestra el diseño de los circuitos impresos (PCB) que se utilizaron para conectar los componentes electrónicos.

Para saber que elementos electrónicos son necesarios en cada sistema, es importante recordar el proceso de funcionamiento general de la máquina. En la Figura 5.1 se muestra el proceso general de la máquina:



Figura 5.1 Diagrama del proceso general de la máquina

La máquina cuenta con dos modos de operación: Automático y Manual. A continuación se describen los procesos de cada Sistema.

Proceso de Ingreso de latas

Las latas se ingresan de forma aleatoria a través de una puerta, la cual se encuentra en la parte superior de la máquina.

Proceso de Dispensado

Las condiciones para que se inicie este proceso son:

- El interruptor debe de estar en el modo que se quiera operar la máquina (Automático o Manual).
- La puerta de ingreso de las latas debe estar cerrada.
- En el caso de que esté en modo automático, el volumen de latas ingresadas debe ser el mínimo para que el Sistema Compactador funcione de forma correcta; de otra forma, en modo manual, se debe presionar el botón de inicio del proceso.
- No se debe de estar llevando a cabo el proceso de compactación.
- El cajón del Sistema Acumulador debe de estar en su posición inicial (dentro de la máquina).
- El botón de paro de emergencia no debe de estar presionado.

Al cumplir las condiciones anteriores se inicia el proceso de dispensado de latas como se describe a continuación:

- El eje del Sistema Dispensador gira para dejar caer las latas al Sistema Compactador y a la vez se posiciona para que el usuario ingrese más latas.
- Mediante un indicador se hace saber al usuario que puede volver a ingresar latas, las cuales no serán dispensadas hasta que se termine el proceso de compactación.

Proceso de Compactación

Las condiciones para que se inicie este proceso son:

- El cajón del Sistema Acumulador y la prensa del Sistema Compactador deben de estar en su posición inicial.
- El proceso de dispensado de latas tiene que haber terminado.
- El botón de paro de emergencia no debe de estar presionado.

Al cumplir las condiciones anteriores se inicia el proceso de compactación de latas como se describe a continuación:

- Se inicia el desplazamiento de la placa móvil y se enciende un indicador que le hace saber al usuario que se están compactando las latas.
- Llega a su posición final.
- La placa móvil regresa a su posición inicial.
- Cuando el proceso ha terminado el indicador se apaga y se pueden dispensar más latas.

Proceso de Expulsión de latas compactadas

La placa expulsora se abre cuando la placa móvil llega a su posición final, dejando caer las latas compactadas al Sistema Acumulador, cerrándose cuando ésta regresa a su posición inicial.

Proceso de Acumulación de latas compactadas

Las latas compactadas se acumulan en un cajón, si éste llega a ser retirado de la máquina se detendrá el proceso que se esté llevando a cabo.

En la Figura 5.2 se describe de manera gráfica el proceso de funcionamiento de la Máquina Compactadora de latas.

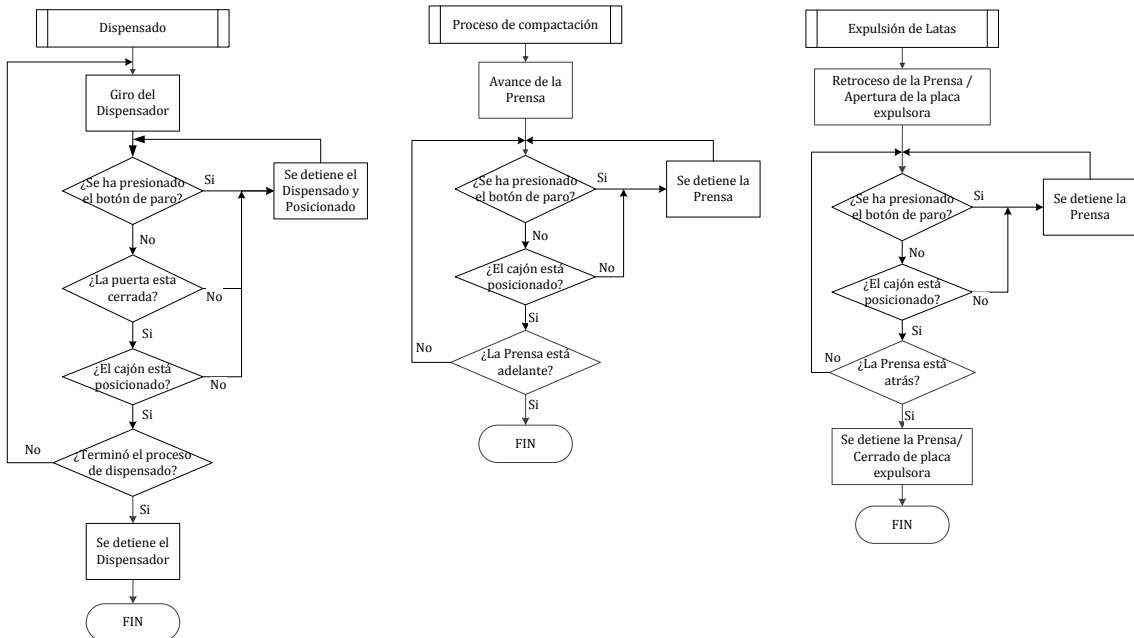
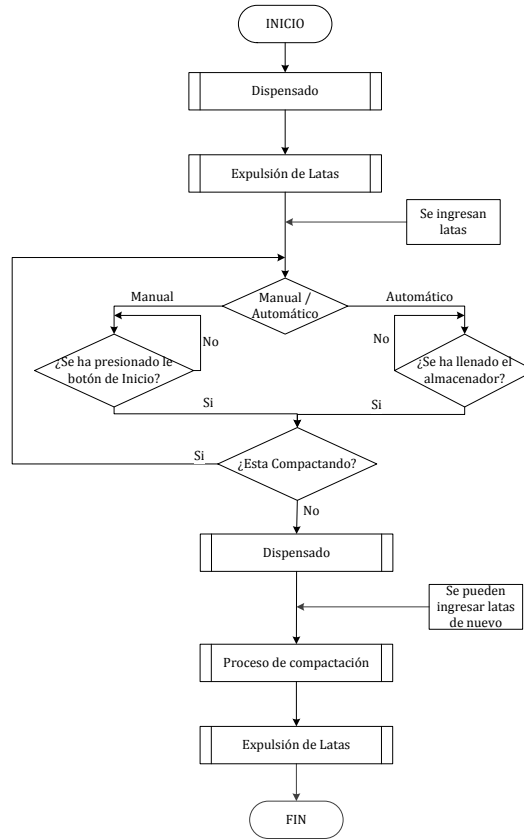


Figura 5.1 Diagrama de flujo del proceso de funcionamiento de la máquina

La máquina cuenta con un interruptor para elegir entre modo automático o manual, en caso de ser manual cuenta con un botón para iniciar el proceso, un botón de paro de emergencia, indicadores LEDs, sensores y actuadores. La regla de funcionamiento para los microswitch y para los botones es con lógica positiva, es decir, el sistema trabaja con señales eléctricas de 0 y 5 [V], 0 lógico y 1 lógico respectivamente.



Figura 5.3 Vista superior de la máquina

Para controlar el proceso descrito anteriormente se utiliza el microcontrolador PIC16F887 [13] porque cuenta con el número de entradas y salidas digitales suficientes, así como la disponibilidad en el mercado mexicano y la experiencia en el uso de éste. En la Tabla 5.1 se muestran las entradas y salidas que se utilizaron.

TABLA 5.1 SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL MICROCONTROLADOR

	Descripción
E N T R A D A S	Fotorresistencias
	Interruptor puerta
	Microswitch prensa cerrada
	Microswitch cajón
	Sensor óptico
	Botón emergencia
	Botón manual
	Interruptor manual/automático
	Microswitch prensa abierta
	S A L I D A S
Motor dispensador	
Solenoides	
LED indicador "Abrir puerta"	
LED indicador "Cerrar puerta"	
LED indicador "Cajón"	
Motor expulsor	
Avance de prensa	
Retroceso de prensa	

A continuación se describe detalladamente los elementos electrónicos que se utilizan para cumplir con cada una de las funciones de los sistemas y como es que éstos cumplen con dichas funciones.

5.1 Sistema de Alimentación

El Sistema de Alimentación cuenta con un sensor y un actuador. El sensor (microswitch) indica si la puerta se encuentra abierta o cerrada, éste se encuentra colocado en la esquina superior izquierda del marco de la puerta como se muestra en la Figura 5.4.



Figura 5.4 Microswitch de la puerta del Sistema de Alimentación

El actuador (solenoid) impide que el usuario abra la puerta mientras se están dispensando latas, como se observa en las Figura 5.5 y 5.6 respectivamente. El actuador está colocado en la esquina inferior derecha del marco de la puerta.



Figura 5.5 Solenoide activado



Figura 5.6 Solenoide desactivado

5.2 Sistema Dispensador

El Sistema Dispensador cuenta con un actuador (motor de DC a 12 [V]), dos sensores ópticos y un encoder incremental de tres dientes. Los sensores ópticos están conformados por un láser y una fotorresistencia, estos sensores se utilizaron para saber si se cuenta con la cantidad mínima de latas para compactar.

Las fotorresistencias se colocaron en la parte superior de la tapa izquierda del Sistema Dispensador como se muestra en la Figura 5.7.

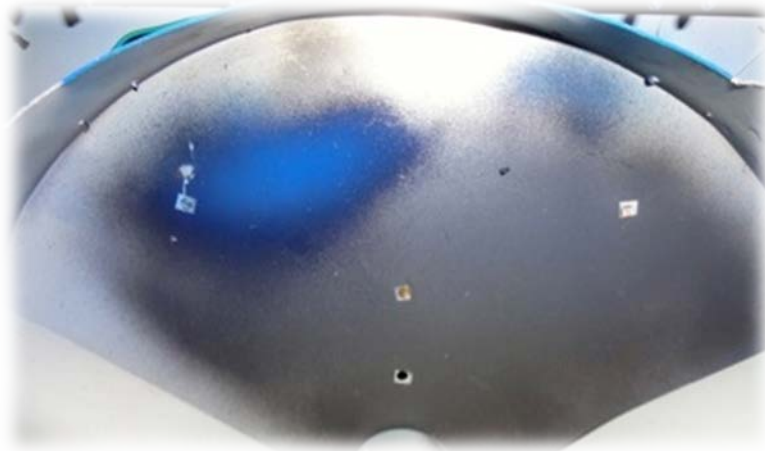


Figura 5.7 Fotorresistencias del Sistema Dispensador

Dado que el haz de luz de los láseres debe de incidir en las fotorresistencias, éstos se colocaron en la parte superior de la tapa derecha del Sistema Dispensador como se muestra en las Figuras 5.8 y 5.9.



Figura 5.8 Láseres del Sistema Dispensador



Figura 5.9 Haz de luz de los láseres incidiendo en las fotorresistencias

El desplazamiento angular se controla con el encoder incremental, el cual está colocado a un costado del eje del dosificador como se observa en la Figura 5.10; así giran simultáneamente el eje y el disco del encoder.

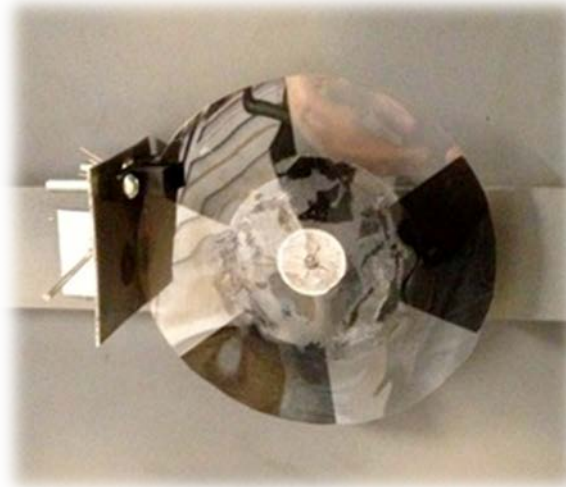


Figura 5.10 Encoder y sensor óptico del Sistema Dispensador

5.3 Sistema Compactador

El Sistema Compactador cuenta con un actuador (motor de DC) y dos sensores (microswitch), uno de ellos se encuentra colocado en la barra trasera del mecanismo compactador de latas (Figura 5.11) e indica si la prensa se encuentra cerrada.

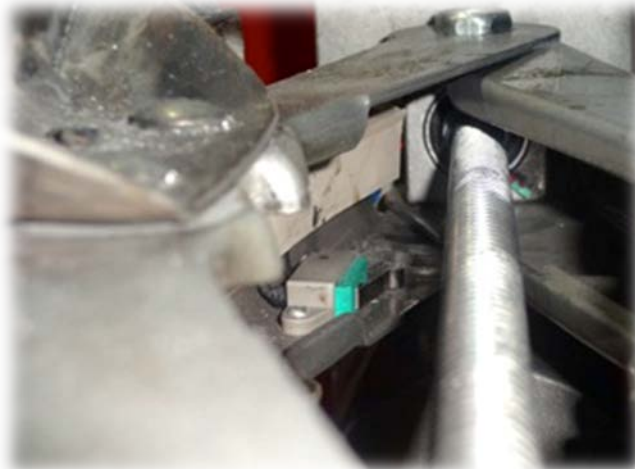


Figura 5.11 Microswitch que indica que la prensa está cerrada

El otro sensor está colocado en una de las láminas del Subsistema de Contención de Latas, cuando el tornillo del mecanismo compactador de latas lo presiona, como se muestra en la Figura 5.12, se activa indicando que se terminó el proceso de compactación.

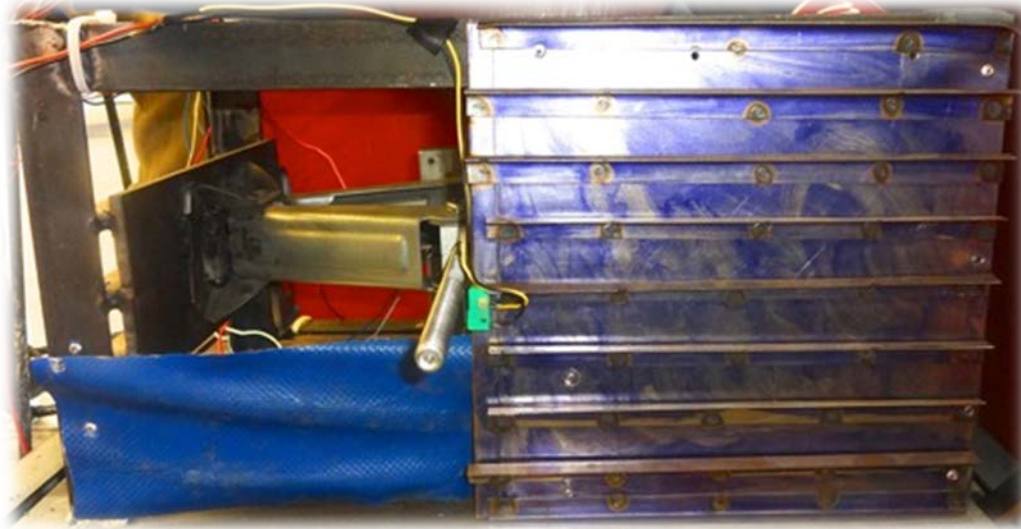


Figura 5.12 Microswitch que indica que las latas se han compactado

5.4 Sistema Expulsor

El Sistema Expulsor cuenta con un sensor y un actuador (motor de DC). El sensor es un potenciómetro lineal de una vuelta acoplado al eje expulsor, como se muestra en la Figura 5.13.

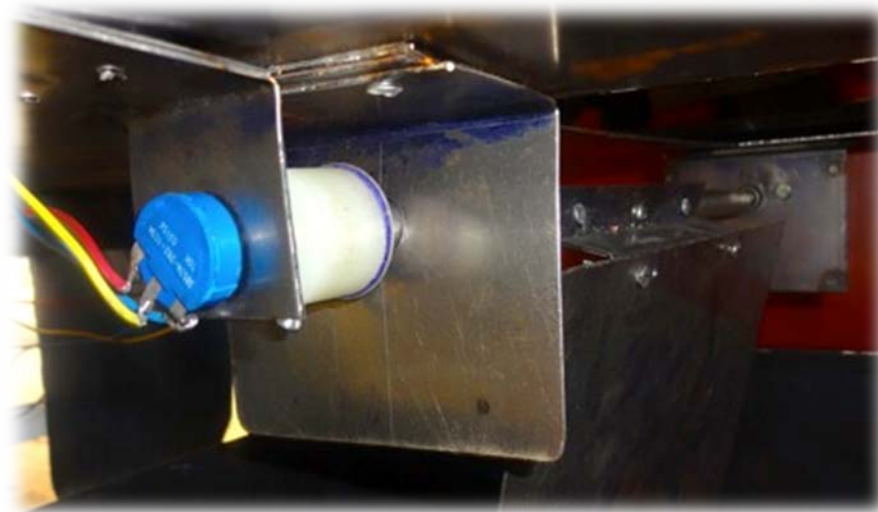


Figura 5.13 Potenciómetro acoplado al eje de la placa expulsora y al motor

5.5 Sistema Acumulador

El Sistema Acumulador cuenta únicamente con un sensor (microswitch), el cual indica si el cajón no se encuentra en su posición inicial. El sensor se colocó en la parte trasera de un riel como se muestra en la Figura 5.14.



Figura 5.14 Microswitch del cajón para acumular las latas compactadas

5.6 Diseño de Circuitos Impresos

Se diseñaron cinco placas de circuitos impresos (PCB): botones, comparadores, microcontrolador, potencia y potencia compactador, con el software Proteus ISIS y ARES de Labcenter Electronics. Las dimensiones de cada uno de los circuitos impresos es de 10x 10 [cm]. A continuación se describe el funcionamiento de cada tarjeta.

La PCB de los botones (Figuras 5.15) usa alimentación y niveles lógicos de la familia TTL [21]. Es la encargada de recibir todas la señales de los sensores y limpiarlas antes de ser leídas por el microcontrolador.

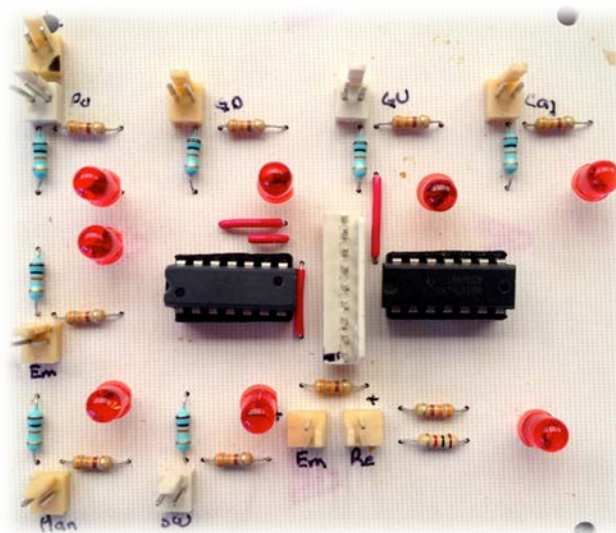


Figura 5.15 PCB de botones manufacturado y montado

La PCB de comparadores (Figura 5.16) es donde los sensores ópticos del Sistema Dispensador son acondicionados; para acondicionarlos se utilizaron comparadores de voltaje, debido a que las fotorresistencias varían su resistividad con la intensidad de luz y con ello el voltaje. Dicha variación se presentará cuando se ingresen latas al sistema y estas interfieran el haz del láser, obteniendo señales lógicas que ingresan al microcontrolador. Esta PCB usa alimentación y niveles lógicos de la familia TTL.

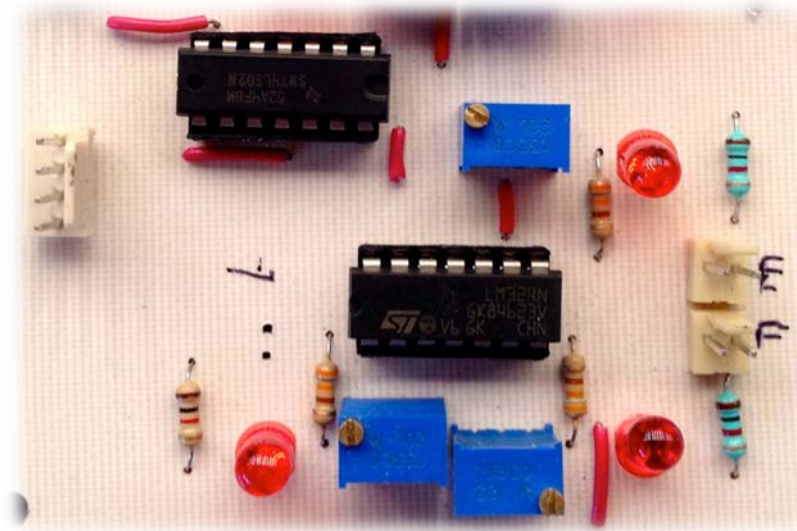


Figura 5.16 PCB de comparadores manufacturado y montado

La PCB del microcontrolador (Figura 5.17) usa alimentación de la familia TTL y es la placa maestra la cual controla todo el proceso, está recibe las señales de los sensores, manda señales de control a los actuadores y enciende los indicadores.

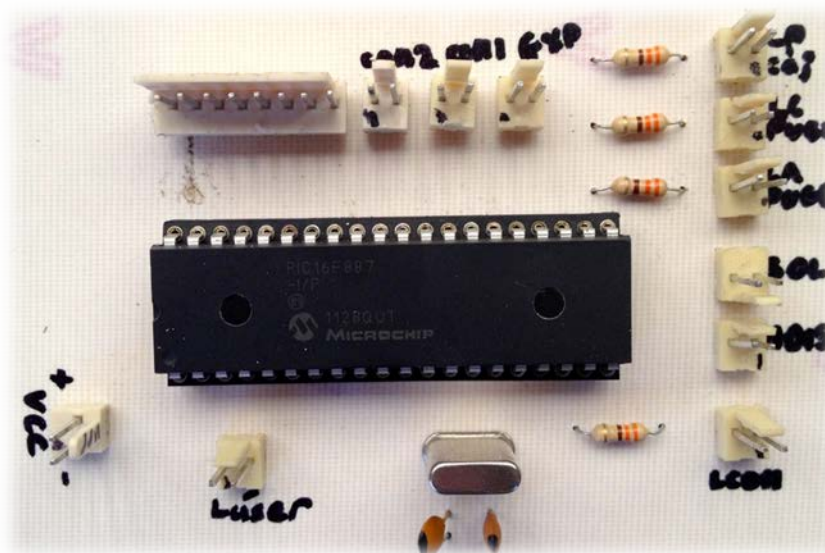


Figura 5.17 PCB del microcontrolador manufacturado y montado

La PCB de potencia (Figuras 5.18) es donde se conecta el solenoide del Sistema de Alimentación, el motor del Sistema Dispensador y el motor de la placa expulsora del Sistema Expulsor. Esta recibe las señales del microcontrolador para activar o desactivar los actuadores antes mencionados, esta placa maneja voltaje de 12 [V] y una corriente máxima de 1 [A].

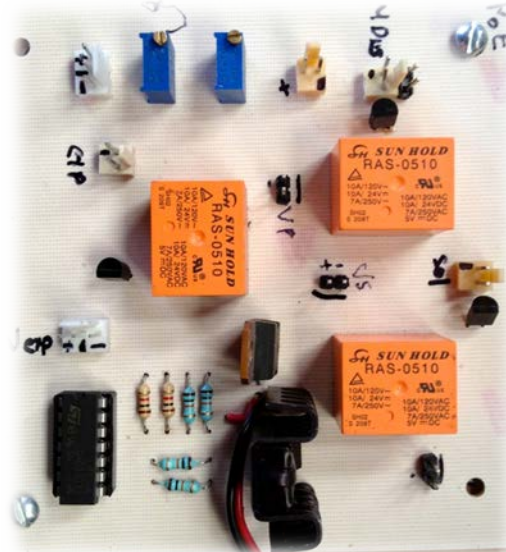


Figura 5.18 PCB de potencia manufacturado y montado

La PCB de potencia compactador (Figuras 5.19) es donde se conecta el motor de la prensa y recibe las señales del microcontrolador para activar o desactivar el motor. En esta placa se maneja un voltaje máximo de 12 [V] y una corriente máxima de 5 [A].

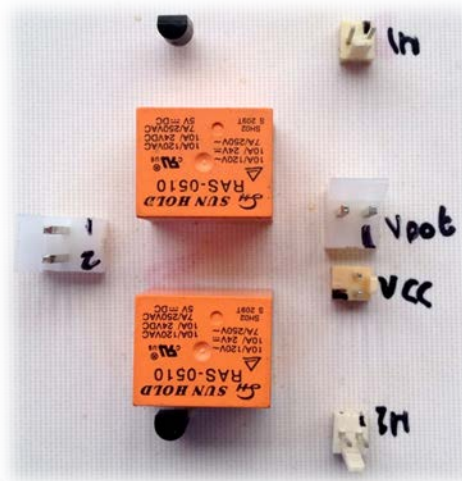


Figura 5.19 PCB de potencia compactador manufacturado y montado

La máquina se alimenta con una fuente de poder DELL modelo L350N-00 de 350 [W] con las siguientes características:

+5 [V] / 22 [A] MAX

+12 [V] / 18 [A] MAX

-12 [V] / 1 [A] MAX

Capítulo 6

Análisis de Resultados y Conclusiones

En este capítulo se realizará un análisis de los resultados obtenidos con los dos prototipos, este se presenta en los siguientes apartados:

- *Análisis de prototipos*, es un comparativo de los dos prototipos, en el cual se describe el funcionamiento de ambos y se explica detalladamente las modificaciones realizadas al segundo prototipo.
- *Pruebas de compactación* realizadas con el segundo prototipo para determinar el tiempo y volumen de compactación de las latas.

Con base en el análisis de resultados se presentan las conclusiones, y finalmente las mejoras que se podrían hacer al diseño de la Máquina Compactadora.

6.1 Análisis de Prototipos

Las diferencias que se encuentran a primera vista son: las dimensiones, el peso, el costo y la geometría. En cuanto a las dimensiones, el primer prototipo tiene 100 x 100 [cm²] de base por 150 [cm] de altura y el segundo tiene 60 x 75 [cm²] de base por 110 [cm] de altura con lo que se redujo el volumen en un 33%.

El peso del primer prototipo es de aproximadamente 93 [Kg] mientras que el peso del segundo, es de aproximadamente 75 [Kg] con lo que se redujo en un 19.4%. El costo aproximado de los materiales que se utilizaron se redujo en un 20%, debido a que el primer prototipo tuvo un costo de \$7,000.00 y el segundo de \$5,600.00.

En las Figuras 6.1 y 6.2 se muestran el primer y segundo prototipo respectivamente, aquí se puede observar la diferencia de geometrías. El primer prototipo es un prisma rectangular con un corte en la cara frontal, mientras que el segundo es un prisma rectangular.



Figura 6.1 Prototipo de la primera iteración de diseño



Figura 6.2 Prototipo de la segunda iteración de diseño

En la Tabla 6.1 se resaltan las diferencias más significativas entre los elementos de los sistemas de ambos prototipos.

TABLA 6.1 COMPARATIVO DE LOS PROTOTIPOS

Sistema	Primer prototipo	Segundo prototipo
Alimentación	Dos puertas	Una puerta
Almacenador	Cúbico	Cilíndrico
Dispensador	Cuatro aspas en "L"	Tres aspas
Compactador	Dos tornillos sinfín	Prensa eléctrica
Expulsor	Control On/Off	Control P
Acumulador	Cajón con llantas	Cajón con rieles
Electrónico	Selección de número ciclos	Modo automático/manual Un ciclo

Con base en la Tabla 6.1 y en el proceso general de la máquina (Capítulo 5, Figura 5.1), se describen detalladamente las modificaciones realizadas a los sistemas del primer y segundo prototipo.

6.1.1 Sistema de Alimentación

El primer prototipo cuenta con dos puertas para el ingreso de latas como se muestra en la Figura 6.3, al hacer pruebas se observó que no era práctico para el usuario porque debía utilizar ambas manos o en su defecto, abrir una puerta a la vez, lo que tomaba más tiempo. Como medida de seguridad, tiene sensores (microswitch) para detectar si las puertas se encuentran abiertas o cerradas. Al estar iniciado el proceso si alguna de las puertas es abierta se detiene el dispensado de latas.

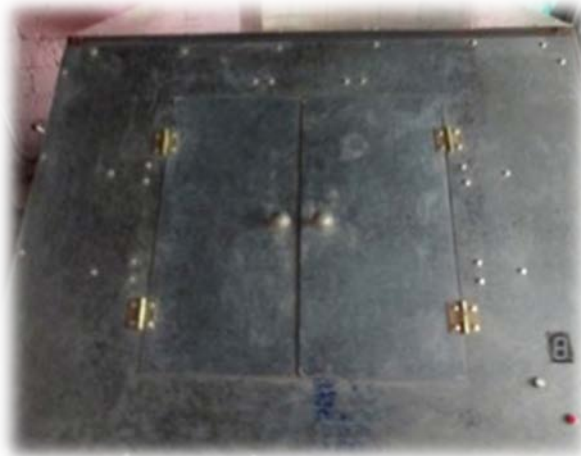


Figura 6.3 Sistema de Alimentación del primer prototipo

El segundo prototipo cuenta con una puerta como se muestra en la Figura 6.4, lo que mejoró los dos aspectos descritos anteriormente y las medidas de seguridad para el usuario.



Figura 6.4 Sistema de Alimentación del segundo prototipo

6.1.2 Sistema Almacenador

El primer prototipo cuenta con un almacenador en forma cúbica como se muestra en la Figura 6.5 con capacidad aproximada de 50 latas. Debido a la geometría, la capacidad del almacenador y la forma aleatoria en la que se almacenan las latas, se atascaban al momento de dispensarlas.



Figura 6.5 Sistema Almacenador del primer prototipo

En el segundo prototipo, el almacenador y el dispensador se fusionaron como se muestra en la Figura 6.6, reduciéndose el volumen de almacenamiento a un máximo de 17 latas; este volumen de latas es el adecuado para el funcionamiento del Sistema Compactador. Además, se modificó la geometría del almacenador a forma cilíndrica y con ello se evitó que las latas se atascarán.



Figura 6.6 Sistema Dispensador del segundo prototipo que sirve como almacenador

6.1.3 Sistema Dispensador

En el primer prototipo el dispensador está colocado en una esquina del almacenador, el cual consta de un cilindro sólido con cuatro aspas en forma de "L" como se muestra en la Figura 6.7. Dada la configuración de los sistemas, al girar el cilindro, las latas se atascaban en el borde del almacenador y una de las aspas. Para dispensar, el motor del sistema gira 1 [s] para dar un cuarto de vuelta.



Figura 6.7 Sistema Dispensador del primer prototipo

Para el segundo prototipo, se optó por colocar el dispensador en el centro del cilindro (almacenador) como se muestra en la Figura 6.8. Este sistema cuenta con tres aspas planas, las cuales al girar empujan las latas y éstas resbalan por la pared del cilindro. La posición del eje dosificador es controlada mediante un encoder, el cual debe girar dos tercios de vuelta para que caigan todas las latas en el Sistema Compactador.

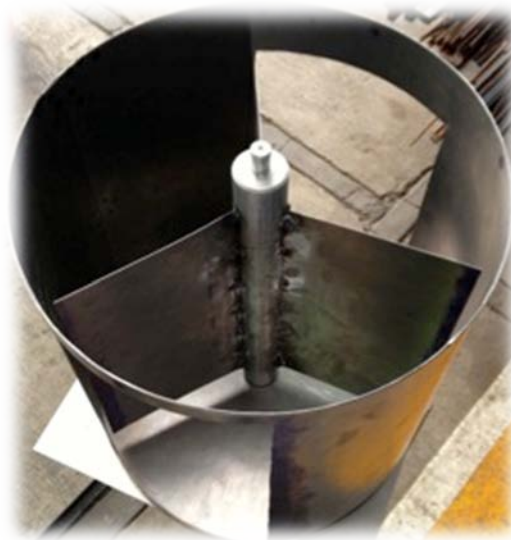


Figura 6.8 Sistema Dispensador del segundo prototipo

6.1.4 Sistema Compactador

El Sistema Compactador del primer prototipo cuenta con dos tornillos sinfín paralelos que mueven la placa que compacta, placa móvil, las latas como se muestra en la Figura 6.9. El problema que se presentó fue la manufactura y ensamble, debido a que el paralelismo entre ambos tornillos no se logró, ocasionando que la placa móvil no avanzara.

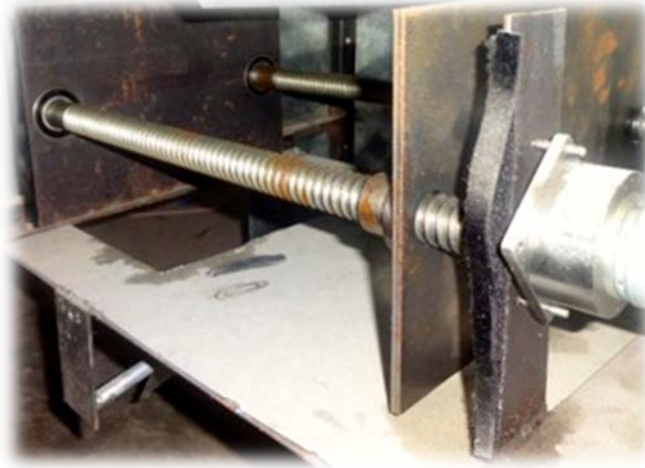


Figura 6.9 Sistema Dispensador del primer prototipo

En el segundo prototipo se decidió utilizar una prensa mecánica comercial como se muestra en la Figura 6.10 para evitar los problemas anteriores, el sistema cuenta con dos sensores (microswitch) los cuales limitan su desplazamiento. Cuenta con un Subsistema de Contención de paredes rígidas y flexibles, las cuales evitan que se salgan las latas una vez dispensadas.



Figura 6.10 Sistema Compactador del segundo prototipo

Al realizar una prueba de compactación se observó que las placas fija y móvil se flexionaban, por lo que se requirió reforzarlas, así como el área de trabajo, como se muestra en el Anexo E.

6.1.5 Sistema Expulsor

El elemento del Sistema Expulsor para los dos prototipos es una placa expulsora, la diferencia entre prototipos es el control del sistema. Mientras en el primer prototipo el control es On/Off, en el segundo es un control proporcional (P). En la Figura 6.11 se muestra la placa expulsora del segundo prototipo.



Figura 6.11 Sistema Expulsor del segundo prototipo

6.1.6 Sistema Acumulador

El cajón del primer prototipo cuenta con cuatro llantas como se muestra en la Figura 6.12, y un tope de cajón.



Figura 6.12 Sistema Acumulador del primer prototipo

El cajón del segundo prototipo cuenta con un par de rieles a los costados y un sensor (microswitch) para detectar si se encuentra en su posición (Figura 6.13). La capacidad de latas compactadas del cajón es de 70 a 80.

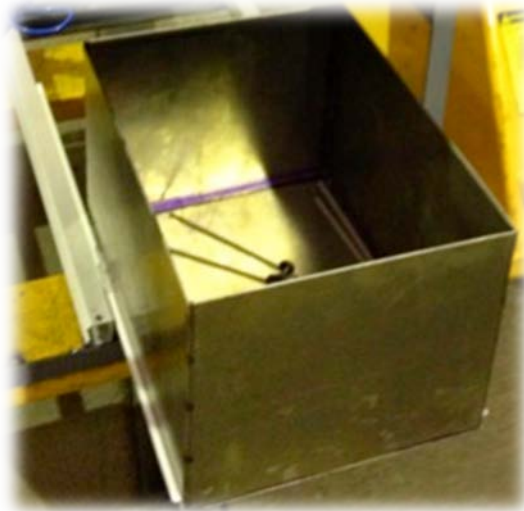


Figura 6.13 Sistema Acumulador del segundo prototipo

Finalmente, en la Figura 6.14 se muestra la distribución de los sistemas en el segundo prototipo de la máquina lo que ayudó a reducir su volumen.

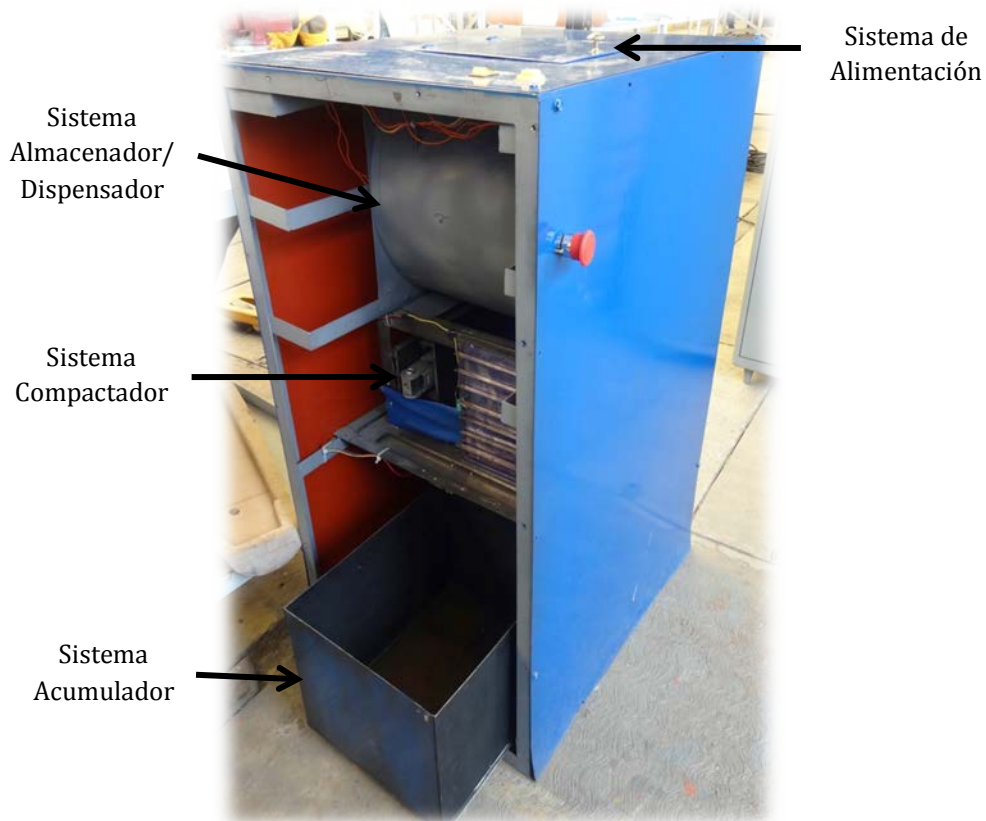


Figura 6.14 Distribución de los sistemas del segundo prototipo

6.2 Pruebas

Se realizaron pruebas de compactación para saber el tiempo que tarda la máquina en realizar todo el proceso, dicho tiempo fue de 3 min 43 seg desde que dosifica las latas hasta que la prensa regresa a su posición inicial para compactar otra vez. El tiempo que se obtuvo por sistemas se presenta en la Tabla 6.2.

TABLA 6.2 TIEMPO DE LOS SISTEMAS PARA REALIZAR SU FUNCIÓN

Sistema	Tiempo
Dispensador	Dejar caer las latas 4 seg
Compactador	Avance de prensa 1 min 51 seg
	Retroceso de prensa 1min 45 seg

Cabe resaltar que los tiempos de los Sistemas de Alimentación y Expulsión no se encuentran en la Tabla 6.2 porque en el primer sistema, el tiempo depende del usuario, mientras que en el segundo, el tiempo depende de las latas que se hayan compactado.

6.2.1 Pruebas de Compactación

A continuación se presentan imágenes de los resultados obtenidos al compactar diferentes cantidades de latas. La primer prueba consistió en compactar cinco latas, en la Figura 6.15 se muestra la imagen donde se observa la comparación de las latas compactadas con respecto a una no compactada. Además, en la Figura 6.15 se puede observar que dos latas quedaron empalmadas (mostrado dentro del círculo).



Figura 6.15 Latas obtenidas al compactar cinco latas

En la segunda prueba se compactaron diez latas, en la Figura 6.16 se muestra la imagen donde se observa la comparación de las latas compactadas con respecto a una no compactada.



Figura 6.16 Latas obtenidas al compactar diez latas

La tercera prueba consistió en compactar quince latas, en la Figura 6.17 se muestra la imagen donde se observa la comparación de las latas compactadas con respecto a una no compactada. Además, en la Figura 6.17 se puede observar que dos pares de latas quedaron empalmadas (mostradas dentro de los círculos).



Figura 6.17 Latas obtenidas al compactar quince latas

En la última prueba se compactaron diecisiete latas, en la Figura 6.18 se muestra la imagen donde se observa la comparación de las latas compactadas con respecto a una no compactada. Además, en la Figura 6.18 se puede observar que dos pares de latas quedaron empalmadas (mostradas dentro de los círculos).



Figura 6.18 Latas obtenidas al compactar quince latas

6.2.2 Pruebas de Volumen de Compactación

El objetivo de la máquina es compactar mínimo un 60% el volumen de las latas. Para saber si la máquina está cumpliendo el objetivo, se decidió llenar las latas compactadas con agua y comparar éste volumen de agua con el de una lata no compactada. El volumen de una lata no compactada es de 374 [ml] de agua como se observa en la Figura 6.19, por lo tanto, para cumplir con el objetivo el volumen de compactación debe ser igual o mayor 224.4 [ml] de agua.



Figura 6.19 Volumen de lata no compactada

Al compactar latas, en algunas ocasiones, se presentan casos de latas rotas como se observa en la Figura 6.20 en las cuales no es posible llenarlas con agua para medir su volumen de compactación.



Figura 6.20 Lata rota

En la Tabla 6.3 se muestra el volumen en mililitros de las latas compactadas y el porcentaje de volumen reducido obtenido de una muestra de 47 latas compactadas.

TABLA 6.3 VOLUMEN DE COMPACTACIÓN

Medición	Volumen [ml]	% de Volumen Reducido
1	194	48.13
2	154	58.82
3	124	66.84
4	264	29.41
5	264	29.41
6	264	29.41
7	304	18.72
8	154	58.82
9	204	45.45
10	84	77.54
11	189	49.47
12	204	45.45
13	214	42.78
14	124	66.84
15	154	58.82
16	164	56.15
17	164	56.15
18	84	77.54
19	114	69.52
20	104	72.19
21	144	61.50
22	264	29.41
23	124	66.84
24	164	56.15
25	114	69.52
26	154	58.82
27	144	61.50
28	164	56.15
29	134	64.17

De las pruebas se obtuvo un rango del 55% al 70% de volumen compactado como se muestra en la Figura 6.21, este porcentaje se ve afectado por la forma aleatoria en que las latas caen al Sistema Compactador.

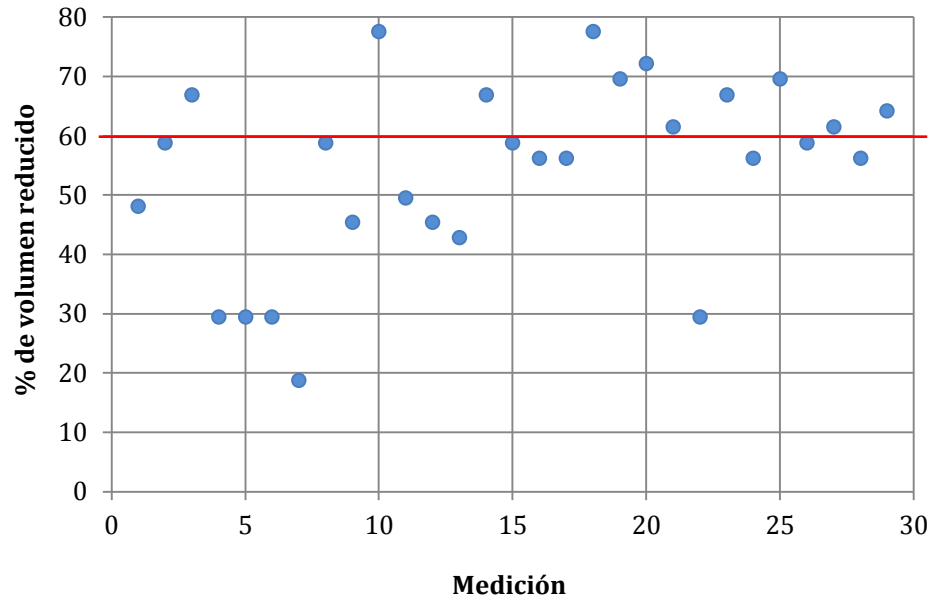


Figura 6.21 Gráfica de dispersión de las mediciones del volumen reducido

Se puede resumir que existen importantes modificaciones del primer prototipo al segundo. Estas modificaciones dieron como resultado un mejor funcionamiento de la Máquina.

6.3 Conclusiones

El objetivo del proyecto de diseñar una Máquina Compactadora de latas de aluminio vacías de 355 [ml], se cumplió con la segunda iteración de diseño. Además, se cumplieron con los siguientes requerimientos y especificaciones:

- Fácil limpieza y mantenimiento de la máquina debido a la configuración de los elementos de los sistemas, además se utilizaron pijas autorroscantes para remover cualquier tapa de la máquina y poder acceder a ellos de manera sencilla.
- Para evitar la oxidación de la máquina se utilizó un recubrimiento superficial.
- La extracción de las latas compactadas es fácil al utilizar un cajón con rieles.
- El proceso es semiautomático dado que la alimentación y retiro de las latas es manual.
- La operación de la máquina es sencilla debido al uso de tres botones e indicadores.
- La máquina cuenta con medidas de seguridad.
- Ocupa un volumen de 60x75 [cm²] de base por 110 [cm] de altura, el cual está dentro del volumen requerido.
- Compacta un máximo de 17 latas a la vez.
- La máquina trabaja con 127 [V] de corriente alterna.

Con la realización del proyecto se observó que las técnicas de diseño proporcionan herramientas muy útiles para generar alternativas de solución; sin embargo, a veces se debe de ser flexibles a la hora de implementar las alternativas, como fue el caso del Subsistema de Transmisión de Potencia del Sistema Compactador donde a pesar de la alternativa obtenida (cadenas) se observó que no era lo más conveniente y se decidió implementar otra (engranes). Al cotizar el precio de manufactura de los engranes, la complicación para armar la caja de engranes y ensamblarla con la prensa, se optó por comprar la prensa eléctrica.

Realizando una prueba de compactación de latas se observó que la placas (móvil y fija) se flexionaban, como se muestra en la Figura 6.21. Por lo que se tuvieron que reforzar y hacer una caja de contención de fuerzas como se muestra en el Anexo E.



Figura 6.21 Prueba de compactación

Se utilizó el microcontrolador PIC16F887 en el Sistema Electrónico para controlar el proceso, sin embargo, el microcontrolador óptimo para el proceso es el PIC16C55 [14], esto debido a que el primero tiene funciones que no se utilizan como contadores, interrupciones, modulación por ancho de pulso (PWM), conversores analógicos/digitales y protocolos de comunicación. El segundo sólo cuenta con entradas y salidas digitales.

La Máquina Compactadora de latas puede ser competitiva en el mercado ya que tiene algunas ventajas sobre las máquinas analizadas en el estudio de mercado (Capítulo 1). Dichas ventajas son:

- Peso, el cual representa la mitad de la máquina más ligera de este tipo.
- Dimensiones más pequeña que las otras.
- Alimentación eléctrica de 127 [V] de corriente alterna.

Sin embargo, el tiempo de compactación de las máquinas analizadas es considerablemente menor al de nuestra máquina.

6.4 Trabajo Futuro

La máquina Compactadora de Latas cumple con el objetivo; sin embargo, si se deseara realizar una tercera iteración de diseño los aspectos a mejorar serían:

- Reducción de dimensiones.
- Acomodar las latas en el Sistema Compactador, para reducir aún más el volumen de las latas, disminuir la fuerza necesaria y se podrían compactar más latas simultáneamente.
- Evitar que las latas se atoren y/o se salgan del Sistema Compactador.
- Reducir el tiempo de compactación.
- Modificar el Sistema Expulsor para que no interfiera con la acumulación de latas compactadas.
- Distribución de los botones e indicadores.
- Mejorar la distribución de los sistemas y la ergonomía con la colaboración de un Diseñador Industrial.

Anexo B Pruebas de Carga a Latas

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el Laboratorio de Pruebas Mecánicas de la Facultad de Ingeniería.

B.1 Prueba de Compresión Vertical

La primera prueba se realizó colocando la lata en posición vertical (Figura B.1) con un tiempo de compactación de 1 minuto con 40 segundos aproximadamente. Los datos ingresados a la máquina de pruebas fueron los siguientes:

Simple rate (frecuencia de muestreo): 10 [pts/sec]
Crosshead speed (velocidad del cabezal): 0.008333 [m/s]
Humedad: 50 [%]
Temperatura: 23 [°C]
Diámetro de la lata eventos 1-2: 0.06 [m]
Diámetro de la lata eventos 3-5: 0.066 [m]
Largo de la lata eventos 1-2: 0.12 [m]
Largo de la lata eventos 3-5: 0.123 [m]
Separación de la platina: 0.138 [m]

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla B.1.

TABLA B.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL

Evento	Carga máxima soportada [Kg]	Desplazamiento en la máxima carga [m]	Carga a 5 cm [Kg]
1	40.24	0.0020300	-----
2	51.33	0.0002686	-----
3	64.87	0.0003326	-----
4	45.16	0.0003103	-----
5	57.49	0.0002568	25.12
Prom:	51.82	0.0006397	

Para la segunda prueba se siguió colocando la lata en posición vertical y se cambió el tiempo de compactación a 10 segundos. Los datos ingresados a la máquina fueron los siguientes:

Simple rate (frecuencia de muestreo): 10 [pts/sec]
Crosshead speed (velocidad del cabezal): 0.008333 [m/s]
Humedad: 50 [%]
Temperatura: 23 [°C]
Diámetro de la lata: 0.066 [m]
Largo de la lata eventos : 0.123 [m]
Separación de la platina: 0.138 [m]

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla B.2.

TABLA B.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL

Evento	Carga máxima soportada [Kg]	Desplazamiento en la máxima carga [m]	Carga a 0.05 m [Kg]
1	78.43	0.0858900	24.32
2	94.85	0.0926200	30.70
3	108.00	0.0899200	24.97
4	80.07	0.0873300	31.67
5	82.54	0.0901900	25.36
6	78.83	0.0927800	24.89
7	118.30	0.0923000	30.08
8	74.32	0.0893900	24.77
9	65.70	0.0026320	14.82
10	91.15	0.0897100	27.59
11	97.73	0.0899300	34.13
12	87.46	0.0900000	32.85
13	88.29	0.0880400	36.89
14	73.50	0.0026510	19.53
15	78.83	0.0878300	20.63
16	62.00	0.0025120	27.51
Prom:	85.00	0.0733578	

B.2 Prueba de Compresión Horizontal

En esta prueba se colocó la lata en posición horizontal con un tiempo de compactación de 10 segundos. Los datos ingresados a la máquina fueron los siguientes:

- Simple rate (frecuencia de muestreo): 10 [pts/sec]
- Crosshead speed (velocidad del cabezal): 0.008333 [m/s]
- Humedad: 50 [%]
- Temperatura: 23 [°C]
- Diámetro de la lata: 0.1 [m]
- Largo de la lata eventos : 0.066 [m]
- Separación de la platina: 0.138 [m]

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla B.3.

TABLA B.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN HORIZONTAL

Evento	Carga máxima soportada [Kg]	Desplazamiento en la máxima carga [m]	Carga a 0.05 m [Kg]
1	140.8	0.03578	142.9
2	152.8	0.02738	-----
3	140.4	0.03175	-----
4	129.7	0.04639	-----
5	188	0.01155	-----
6	147.5	0.03780	-----
7	133.9	0.01867	-----
8	187.2	0.02992	-----
9	156.8	0.04143	-----
10	154	0.03338	-----
Prom:	153.11	0.03141	

B.3 Prueba de Compresión Vertical de Latas Dañadas

En esta prueba se colocó una lata dañada en posición vertical con un tiempo de compactación de 10 segundos. Los datos ingresados a la máquina fueron los siguientes:

- Simple rate (frecuencia de muestreo): 10 [pts/sec]
- Crosshead speed (velocidad del cabezal): 0.008333 [m/s]
- Humedad: 50 [%]
- Temperatura: 23 [°C]
- Diámetro de la lata: 0.066 [m]
- Largo de la lata eventos : 0.123 [m]
- Separación de la platina: 0.138 [m]

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla B.4.

TABLA B.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN VERTICAL DE LATAS DAÑADAS

Evento	Carga máxima soportada [Kg]	Desplazamiento en la máxima carga [m]
1	100.6	0.09048
2	84.18	0.03582
Prom:	92.39	0.06315

B.4 Prueba de Compresión Horizontal de Latas Dañadas

En esta prueba se colocó una lata dañada en posición horizontal con un tiempo de compactación de 10 segundos. Los datos ingresados a la máquina fueron los siguientes:

Simple rate (frecuencia de muestreo): 10 [pts/sec]
 Crosshead speed (velocidad del cabezal): 0.008333 [m/s]
 Humedad: 50 [%]
 Temperatura: 23 [°C]
 Diámetro lata: 0.1 [m]
 Largo de la lata eventos : 0.066 [m]
 Separación de la platina: 0.138 [m]

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla B.5.

TABLA B.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN HORIZONTAL DE LATAS DAÑADAS

Evento	Carga máxima soportada [Kg]	Desplazamiento en la máxima carga [m]
1	147.9	0.03957
2	140.0	0.01198
Prom:	143.95	0.02578

De las pruebas anteriores se puede concluir que la carga máxima para compactar una lata se presenta cuando esta se coloca en posición horizontal y es de 188 [Kg]. Mientras que la mínima carga fue de 62 [Kg], la cual se presentó al compactar una lata en posición vertical.

Anexo C Memoria de Cálculo

A continuación se muestran los cálculos elaborados para el Sistema Compactador del primer y segundo prototipo de la máquina respectivamente.

C.1 Tornillo Sinfín

En las roscas ACME, la carga normal en la rosca está inclinada hacia el eje debido al ángulo de la rosca 2α y el ángulo del avance. Como los ángulos de avance son pequeños, esta inclinación se puede despreciar y sólo se considera el efecto del ángulo de la rosca como se observa en la figura C.1. El efecto del ángulo α se necesita para incrementar la fuerza de fricción debida a la acción de cuña de las roscas. Por lo que para elevar la carga se tiene

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m \sec \alpha}{\pi d_m - f l \sec \alpha} \right) \dots (C1)$$

donde F es la fuerza, d_m es un diámetro medio, l es el paso del tornillo y f es el coeficiente de fricción. El ángulo α de la rosca ACME es de 14.5° [15,16].

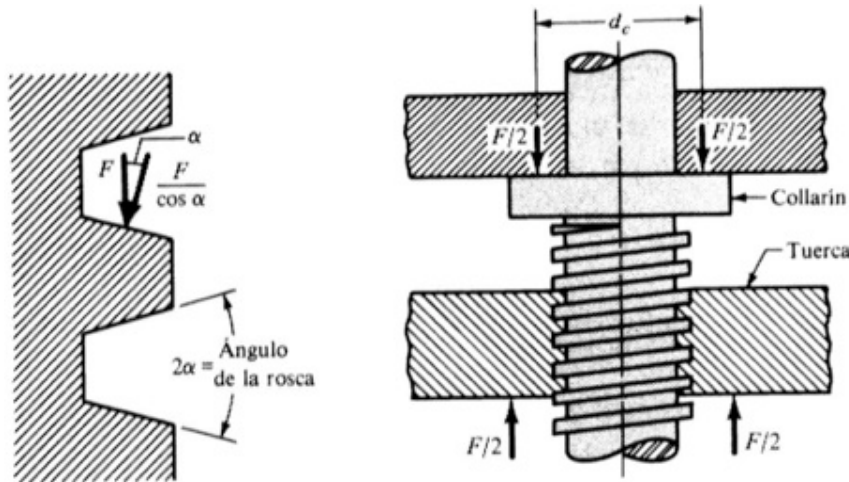


Figura C.1 Tornillo de potencia de rosca ACME

Expresando d_m en términos del diámetro y el paso se tiene

$$d_m = d - \frac{l}{2} \dots (C2)$$

Se proponen un par de tornillos sinfín de acero con rosca ACME y con un diámetro de 1", para los cuales se tiene que el coeficiente de fricción de acero sobre acero en reposo y lubricado es de 0.1 [17]. Considerando la fuerza que se obtuvo de las pruebas de compactación (ver Anexo B) fue de 188 [Kg] y proponiendo un paso de dos hilos por pulgada, se tiene

$$d = 0.0254 [m]$$

$$f = 0.1$$

$$F = \frac{188 * 9.81}{2} = 922.14 \text{ [N]}$$

$$l = 0.0127 \text{ [m]}$$

sustituyendo los datos en las ecuaciones C1 y C2 se tiene que

$$T_R = \frac{922.14 d_m}{2} \left(\frac{0.0508 + 0.1 \pi d_m \sec 14.5^\circ}{\pi d_m - 0.1(0.0508) \sec 14.5^\circ} \right) \dots \text{(C3)}$$

$$d_m = 0.0254 - \frac{0.0508}{2} \dots \text{(C4)}$$

sustituyendo el valor de d_m (C4) en la ecuación (C3) se obtiene el torque necesario para el motor que se utilizará para compactar la latas.

$$T_R = 2.83323 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

C.2 Prensa (Mecanismo Compactador de Latas)

A continuación se presenta el análisis de fuerzas de la prensa para vencer las latas en posición horizontal debido a que en esa posición se requiere la mayor fuerza para ser compactadas. Para lo cual se considero una viga con cuatro apoyos, como se muestra en la Figura C.2.

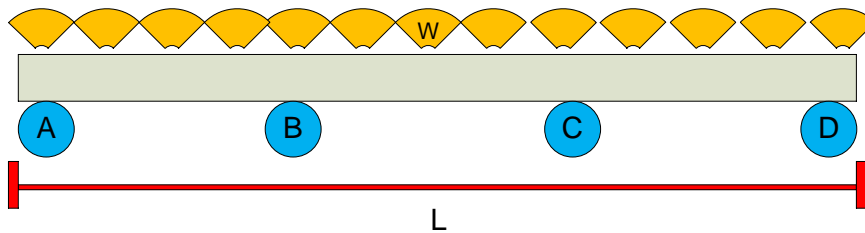


Figura C.2 Viga con cuatro apoyos

Además, se consideró que la longitud de la placa móvil es de 0.28 [m] y una carga de 4500* [Kg/m], de lo cual se tiene que

$$W = 4500 \text{ [Kg/m]}$$

$$L = 0.28 \text{ [m]}$$

A partir de la Figura C.2 se elaboró un diagrama de cuerpo libre, el cual se muestra en la Figura C.3.

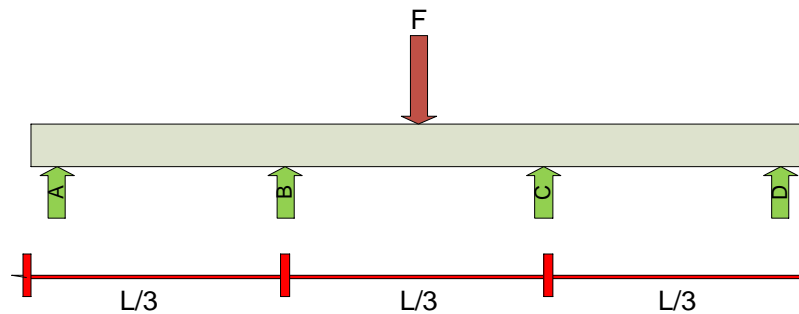


Figura C.3 Diagrama de cuerpo libre

* Se fue proponiendo la carga hasta lograr que la de los apoyos 180 [Kg], lo que se necesita para compactar una lata.

Realizando suma de fuerzas y momentos, se tiene

$$M_A = -\frac{L}{3}B - \frac{2L}{3}C - DL + F\frac{L}{2}$$

$$F_Y = A + B + C + D - F$$

$$M_B = \frac{L}{3}A - \frac{L}{3}C - \frac{2L}{3}D + \frac{L}{6}F$$

$$M_C = \frac{2L}{3}A + \frac{L}{3}B - \frac{L}{6}F - \frac{L}{3}D$$

Agregando un apoyo E a 1 [cm] a la izquierda del apoyo C , como se muestra en la Figura C.4, dicha distancia será la variable x .

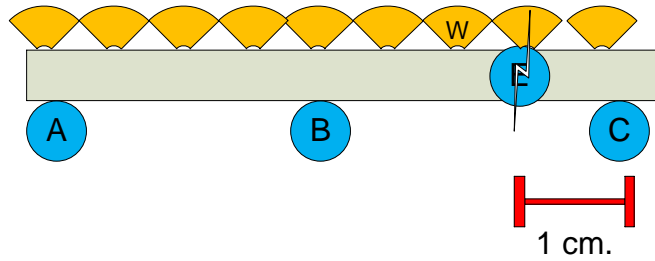


Figura C.4 Viga con apoyo E

A partir de la Figura C.4 se elaboró un diagrama de cuerpo libre, el cual se muestra en la Figura C.5.

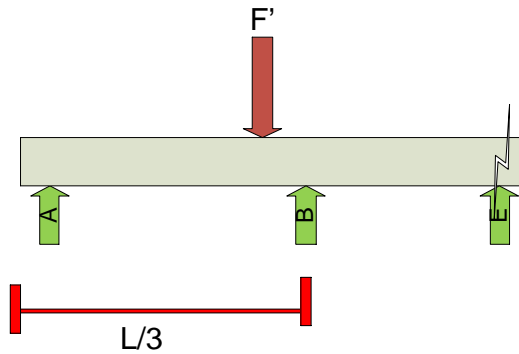


Figura C.5 Diagrama de cuerpo libre con el apoyo E

Realizando, nuevamente, suma de fuerzas y momentos, se tiene

$$M_{Aa} = -\frac{L}{3}B - e\left(\frac{2L}{3} - x\right) + W\left(\frac{2L}{3} - x\right)\left(\frac{\frac{2L}{3} - x}{2}\right)$$

$$M_{Ba} = \frac{L}{3}A - e\left(\frac{L}{3} - x\right) - W\left(\frac{2L}{3} - x\right)\left(\frac{L}{3} - \frac{\frac{2L}{3} - x}{2}\right)$$

$$F_{Ya} = A + B + E - W\left(\frac{2L}{3} - x\right)$$

Agregando un apoyo G a 1 [cm] a la izquierda del apoyo B , como se muestra en la Figura C.6, dicha distancia será la variable z .

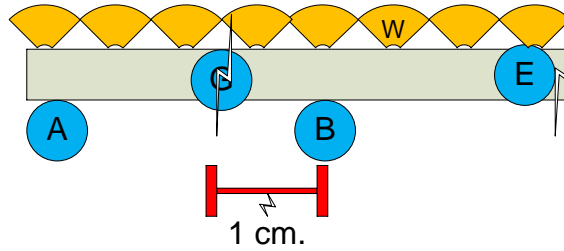


Figura C.6 Viga con apoyo G

A partir de la Figura C.6 se elaboró un diagrama de cuerpo libre, el cual se muestra en la Figura C.7.

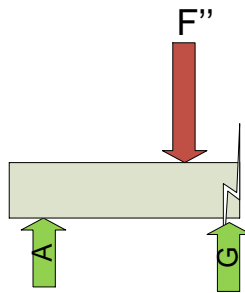


Figura C.7 Diagrama de cuerpo libre con el apoyo G

Realizando, nuevamente, suma de fuerzas y momentos, se tiene

$$M_{Ab} = -G \left(\frac{L}{3} - z \right) + W \left(\frac{L}{3} - z \right) \left(\frac{\frac{L}{3} - z}{2} \right)$$

$$F_{Yb} = A + G - W \left(\frac{L}{3} - z \right)$$

Analizando el lado derecho de la viga de la Figura C.6, se tiene

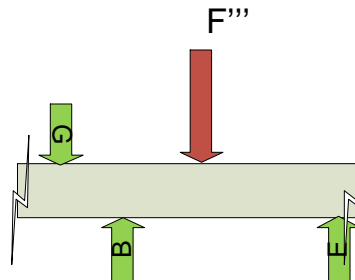


Figura C.8 Diagrama de cuerpo libre del lado derecho de la viga

$$M_{ec} = -G \left(z + \frac{L}{3} - x \right) + B \left(\frac{L}{3} - x \right) - W \left(z + \frac{L}{3} - x \right) \left(\frac{z + \frac{L}{3} - x}{2} \right)$$

$$F_{Yc} = -G + B + E - W \left(z + \frac{L}{3} - x \right)$$

Resolviendo las ecuaciones con el software Wolfram Research Mathematica, se obtuvieron los siguientes valores

$$A = G = 187.5 [Kg]$$

$$D = 190.2 [Kg]$$

$$B = 445.2 [Kg]$$

$$E = 162.3 [Kg]$$

$$C = 437.1 [Kg]$$

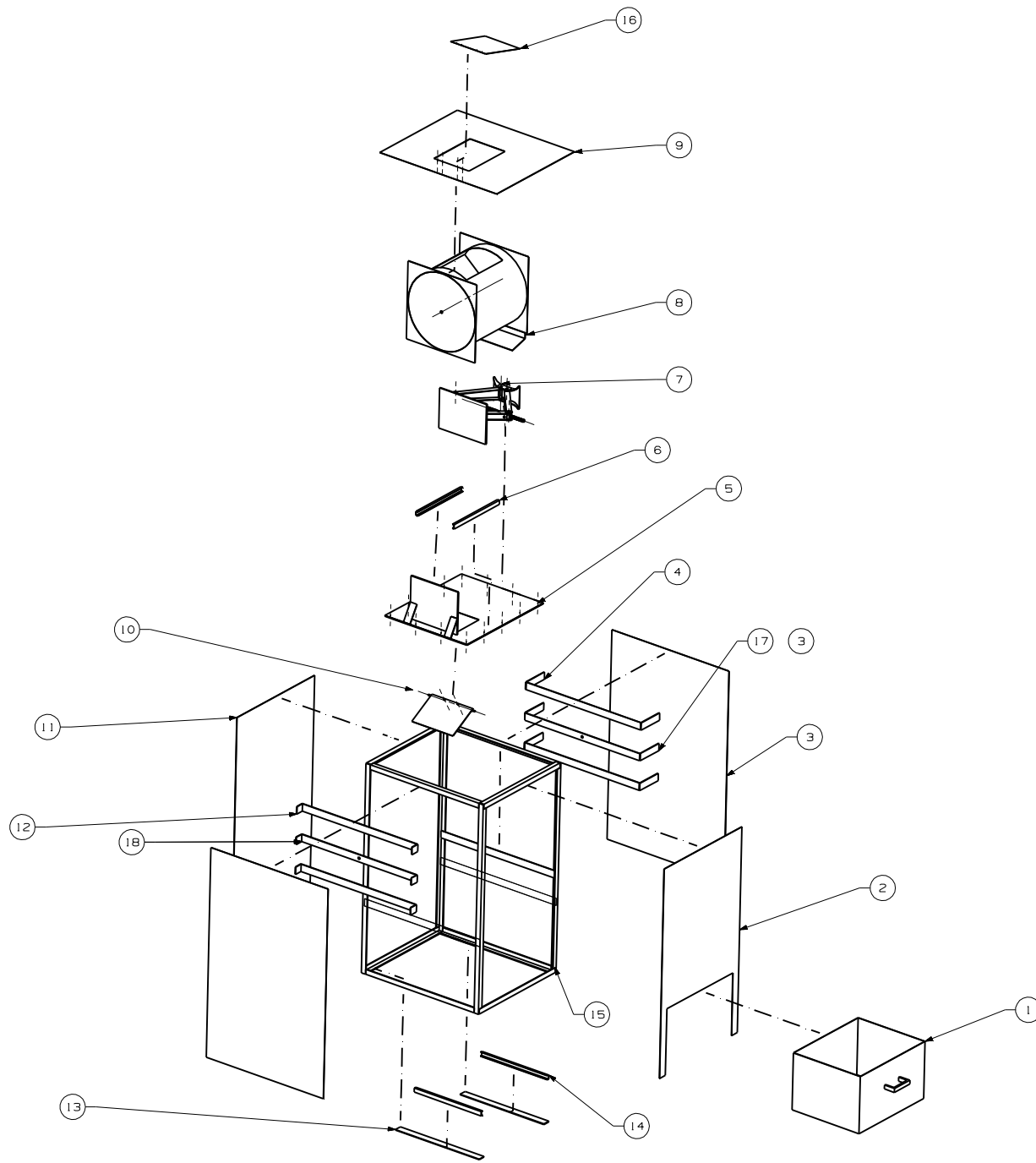
Por lo tanto la fuerza que requiere el mecanismo para compactar las latas adecuadamente es de:

$$F = 1,260 [Kg]$$

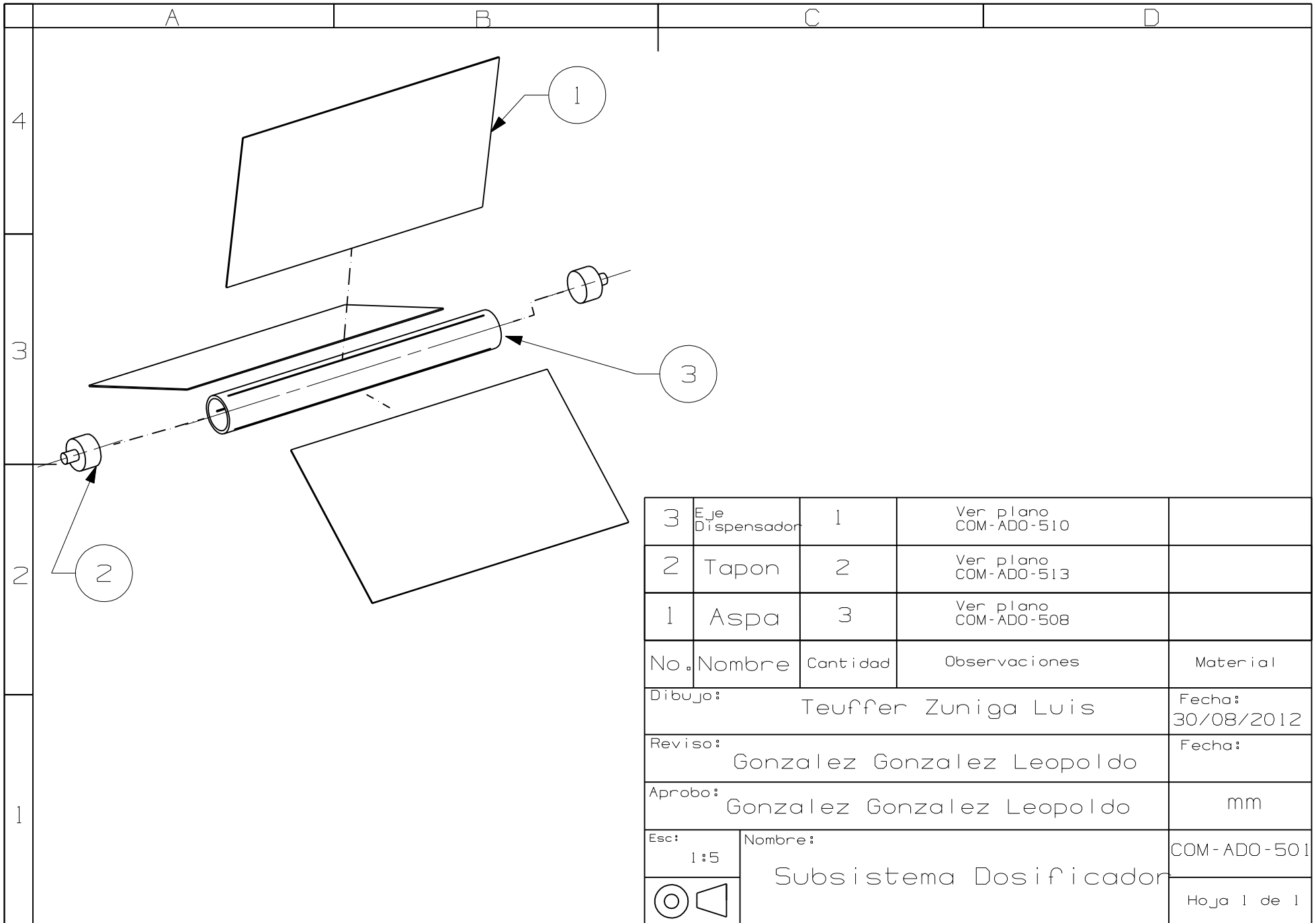
Anexo D Planos de la Máquina

A continuación se presenta una lista del número de los planos de la máquina, así como una descripción de ellos:

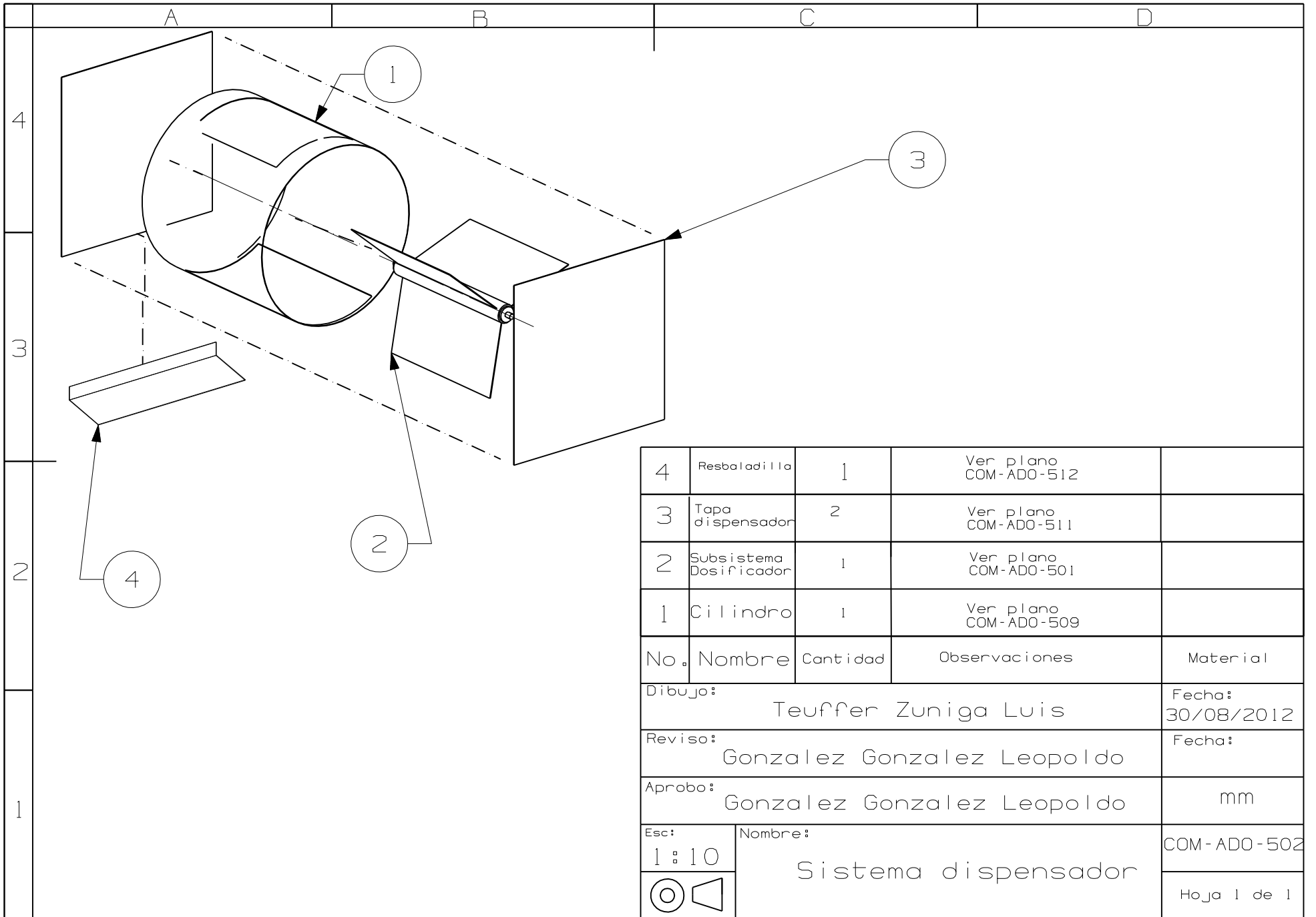
Nomenclatura	No. de Plano	Descripción del Plano
COM	500	Explosivo de la máquina
COM-ADO	501	Explosivo del Subsistema Dosificador
COM-ADO	502	Explosivo del Sistema Dispensador
COM-COL	503	Explosivo de base del Sistema Compactador
COM-EXP	504	Explosivo del Sistema Expulsor
COM-SOP	505	Explosivo del soporte del Sistema Dispensador
COM-SOP	506	Explosivo de la estructura de la máquina
COM-ALI	507	Puerta del Sistema de Alimentación
COM-ADO	508	Aspa del Sistema Dispensador
COM-ADO	509	Cilindro del Sistema Dispensador
COM-ADO	510	Eje del Sistema Dispensador
COM-ADO	511	Tapa del Sistema Dispensador
COM-ADO	512	Resbaladilla
COM-ADO	513	Tapón del eje del Sistema Dispensador
COM-COL	514	Lámina base del Sistema Compactador
COM-COL	515	Placa móvil del Sistema Compactador
COM-COL	516	Placa fija del Sistema Compactador
COM-COL	517	Soporte paralelo
COM-COL	518	Soporte transversal
COM-COL	519	Soporte del motor
COM-COL	520	Soporte
COM-EXP	521	Eje del Sistema Expulsor
COM-EXP	522	Placa expulsora
COM-ACU	523	Cajón del Sistema Acumulador
COM-SOP	524	Solera eje
COM-SOP	525	Soporte eje 1
COM-SOP	526	Soporte eje 2
COM-SOP	527	Soporte de la prensa (gato eléctrico)
COM-SOP	528	Solera guía
COM-SOP	529	Perfil 1 de la estructura
COM-SOP	530	Perfil 2 de la estructura
COM-SOP	531	Perfil 3 de la estructura
COM-SOP	532	Tapa superior de la máquina
COM-SOP	533	Tapa lateral de la máquina
COM-SOP	534	Tapa trasera de la máquina
COM-SOP	535	Tapa frontal de la máquina
COM-SOP	536	Explosivo del soporte del Sistema Dispensador



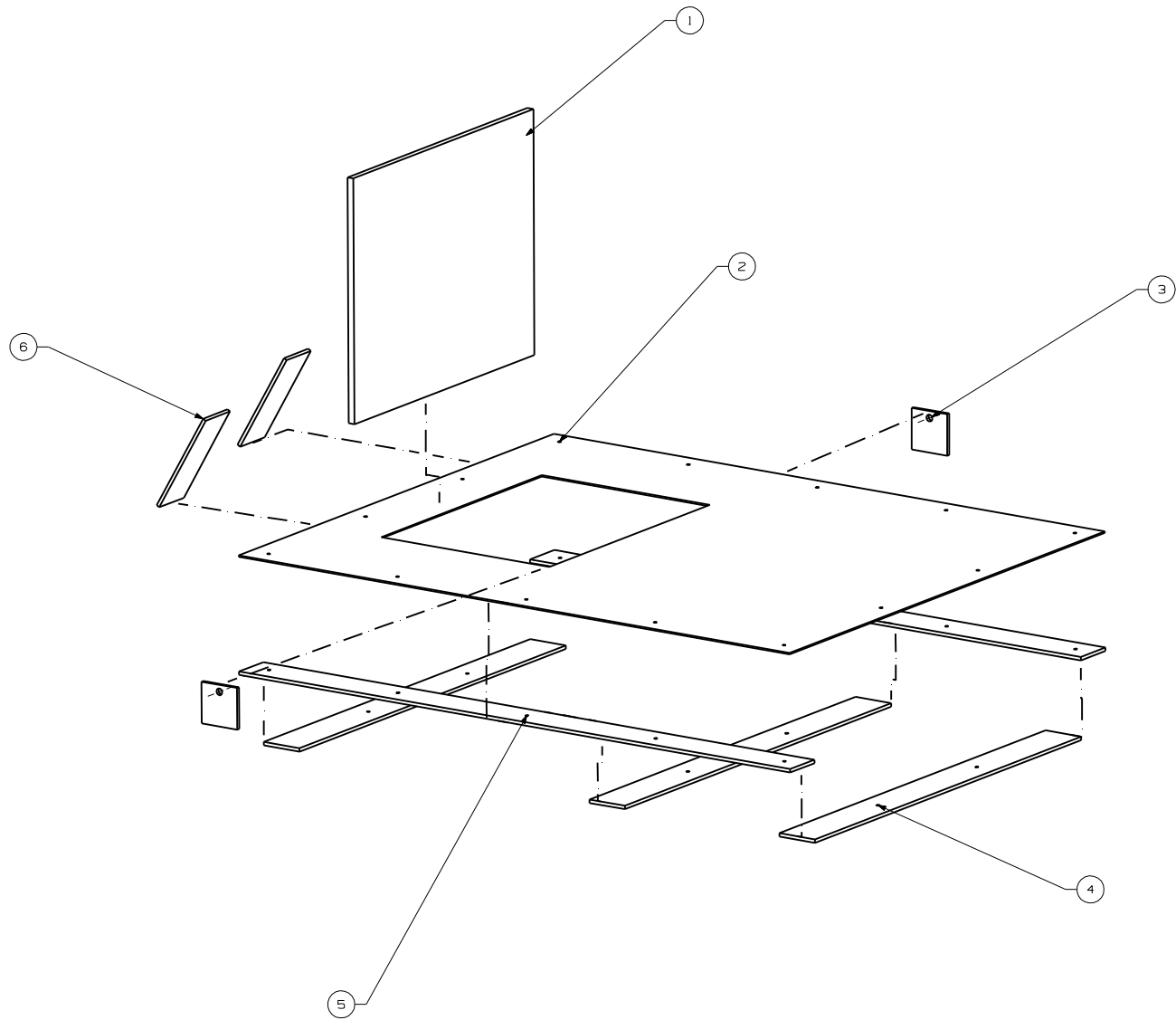
18	Soporte cilindro central	1	Ver plano COM-SOP-539	
17	Soporte cilindro central	1	Ver plano COM-SOP-538	
16	Puerta	1	Ver plano COM-ALI-507	
15	Estructura	1	Ver plano COM-SOP-556	
14	Guia 2	2	Comercial 40 cm.	
13	Soporte guia	2	Ver plano COM-SOP-528	
12	Soporte cilindro2	3	Ver plano COM-SOP-536	
11	Tapa 1	1	Ver plano COM-SOP-534	
10	Sistema expulsor	1	Ver plano COM-SOP-504	
9	Tapa superior	1	Ver plano COM-SOP-532	
8	Sistema dispensador	1	Ver plano COM-ALI-502	
7	Prensa	1		
6	Guia 1	2	Comercial 35 cm.	
5	Base compactador	1	Ver plano COM-COL-503	
4	Soporte cilindro1	3	Ver plano COM-SOP-505	
3	Tapa2	2	Ver plano COM-SOP-533	
2	Tapa frontal	1	Ver plano COM-SOP-535	
1	Caja	1	Ver plano COM-ALI-503	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material
Dibujó:	Teuffer Zuniga Luis			Fecha: 30/05/2012
Revisó:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo			Fecha:
Aprobó:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo			mm
Escala:	1:10			COM-500
	Compactadora de latas			Página 1 de 1



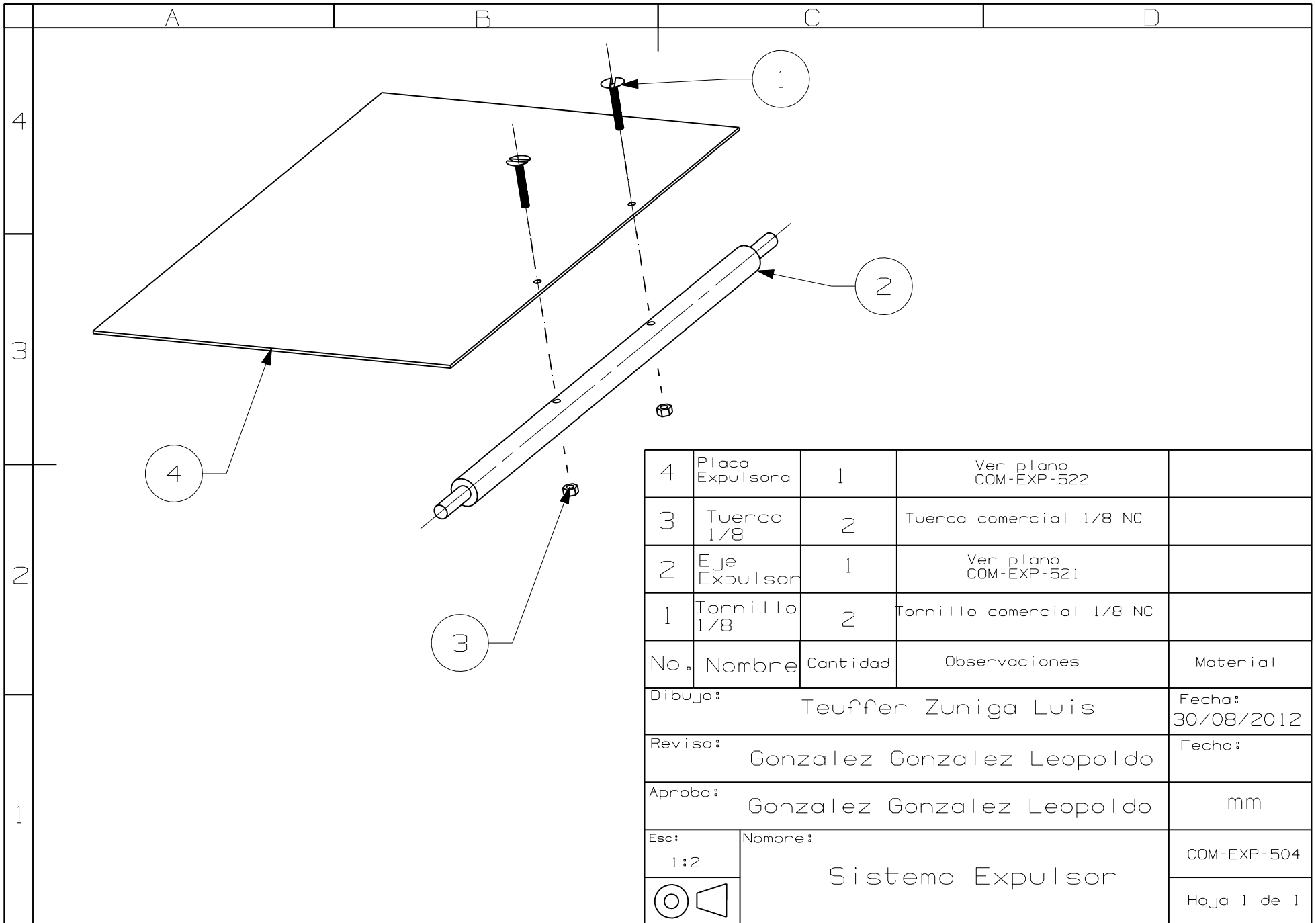
3	Eje Dispensador	1	Ver plano COM-ADO-510	
2	Tapon	2	Ver plano COM-ADO-513	
1	Aspa	3	Ver plano COM-ADO-508	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material
Dibujo: Teuffer Zuniga Luis				Fecha: 30/08/2012
Reviso: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				Fecha:
Aprobo: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				mm
Esc: 1:5		Nombre: Subsistema Dosificador		COM-ADO-501
				Hoja 1 de 1



4	Resbaladilla	1	Ver plano COM-ADO-512	
3	Tapa dispensador	2	Ver plano COM-ADO-511	
2	Subsistema Dosificador	1	Ver plano COM-ADO-501	
1	Cilindro	1	Ver plano COM-ADO-509	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material
Dibujo: Teuffer Zuniga Luis				Fecha: 30/08/2012
Reviso: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				Fecha:
Aprobo: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				mm
Esc: 1 : 10		Nombre: Sistema dispensador		COM-ADO-502
				Hoja 1 de 1



6	Soporte	2	Ver. plano COM-COL-500	
5	Soporte Paralelo	2	Ver. plano COM-COL-517	
4	Soporte transversal	3	Ver. plano COM-COL-518	
3	Soporte motor	2	Ver. plano COM-COL-519	
2	Lamina base	1	Ver. plano COM-COL-514	
1	Placa fija	1	Ver. plano COM-COL-516	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material
Dibujó:	Teuffer Zuniga Luis			Fecha: 30/08/2012
Revisó:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo			Fecha:
Aprobó:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo			mm
Escala: 1:5	Nombre:	Base compactador		COM-COL-503
				Hoja 1 del



4	Placa Expulsora	1	Ver plano COM-EXP-522	
3	Tuerca 1/8	2	Tuerca comercial 1/8 NC	
2	Eje Expulsor	1	Ver plano COM-EXP-521	
1	Tornillo 1/8	2	Tornillo comercial 1/8 NC	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material

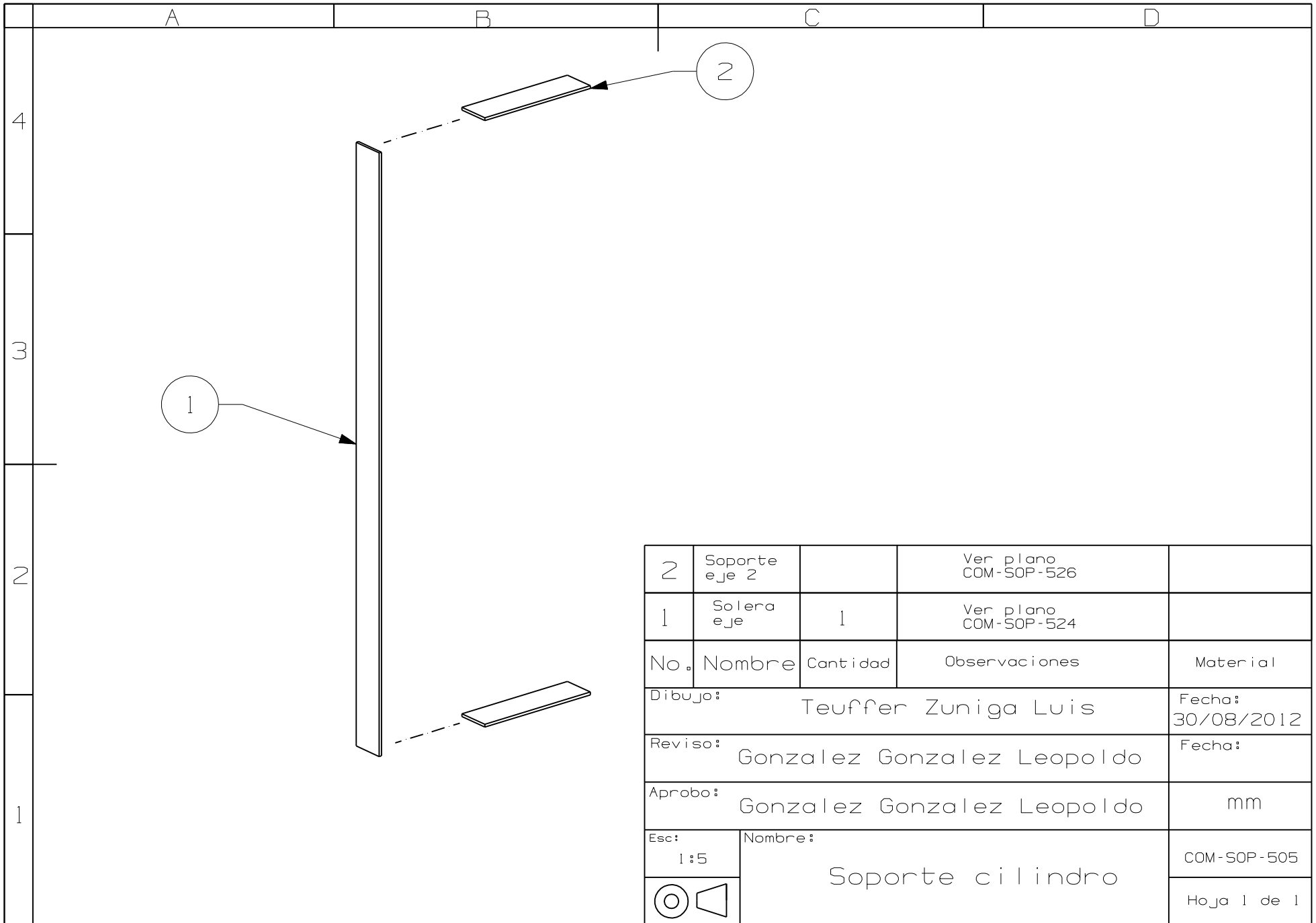
Dibujo: Teuffer Zuniga Luis Fecha: 30/08/2012

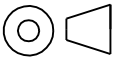
Reviso: Gonzalez Gonzalez Leopoldo Fecha:

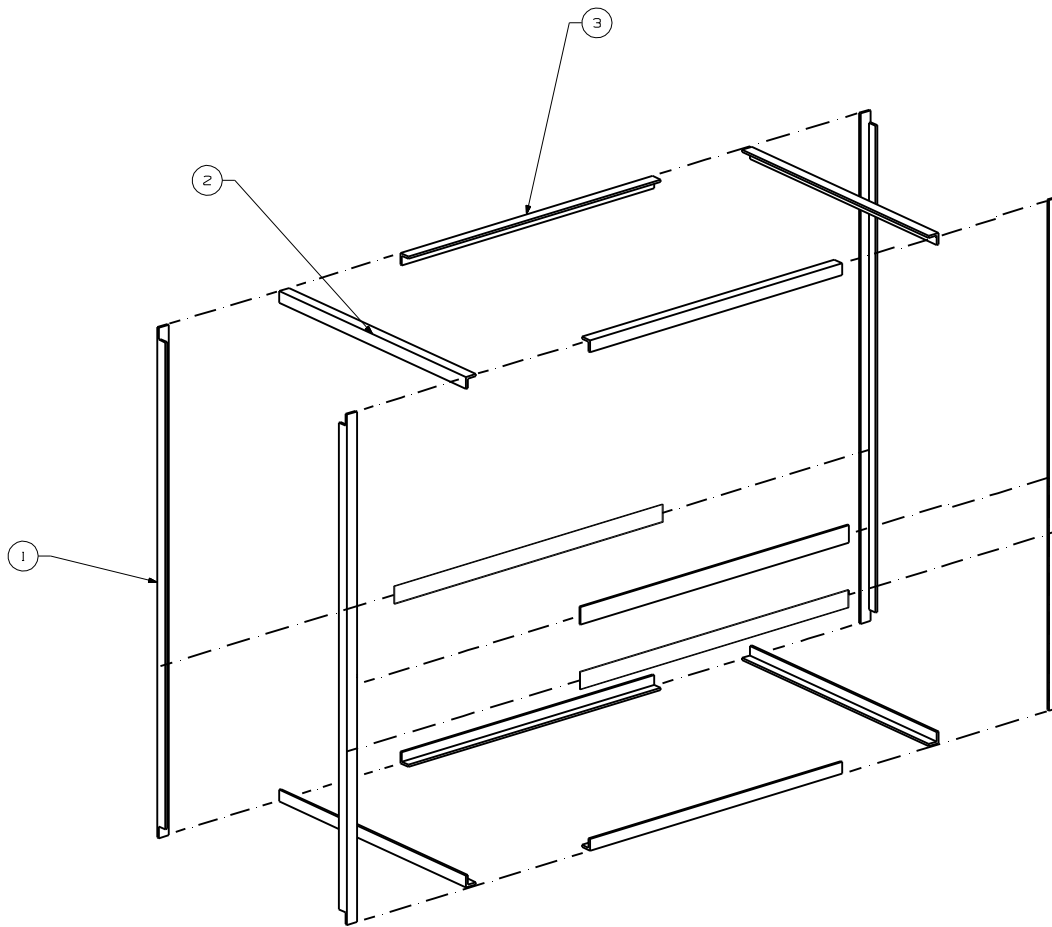
Aprobo: Gonzalez Gonzalez Leopoldo mm

Esc: 1:2 Nombre: Sistema Expulsor COM-EXP-504

Hoja 1 de 1

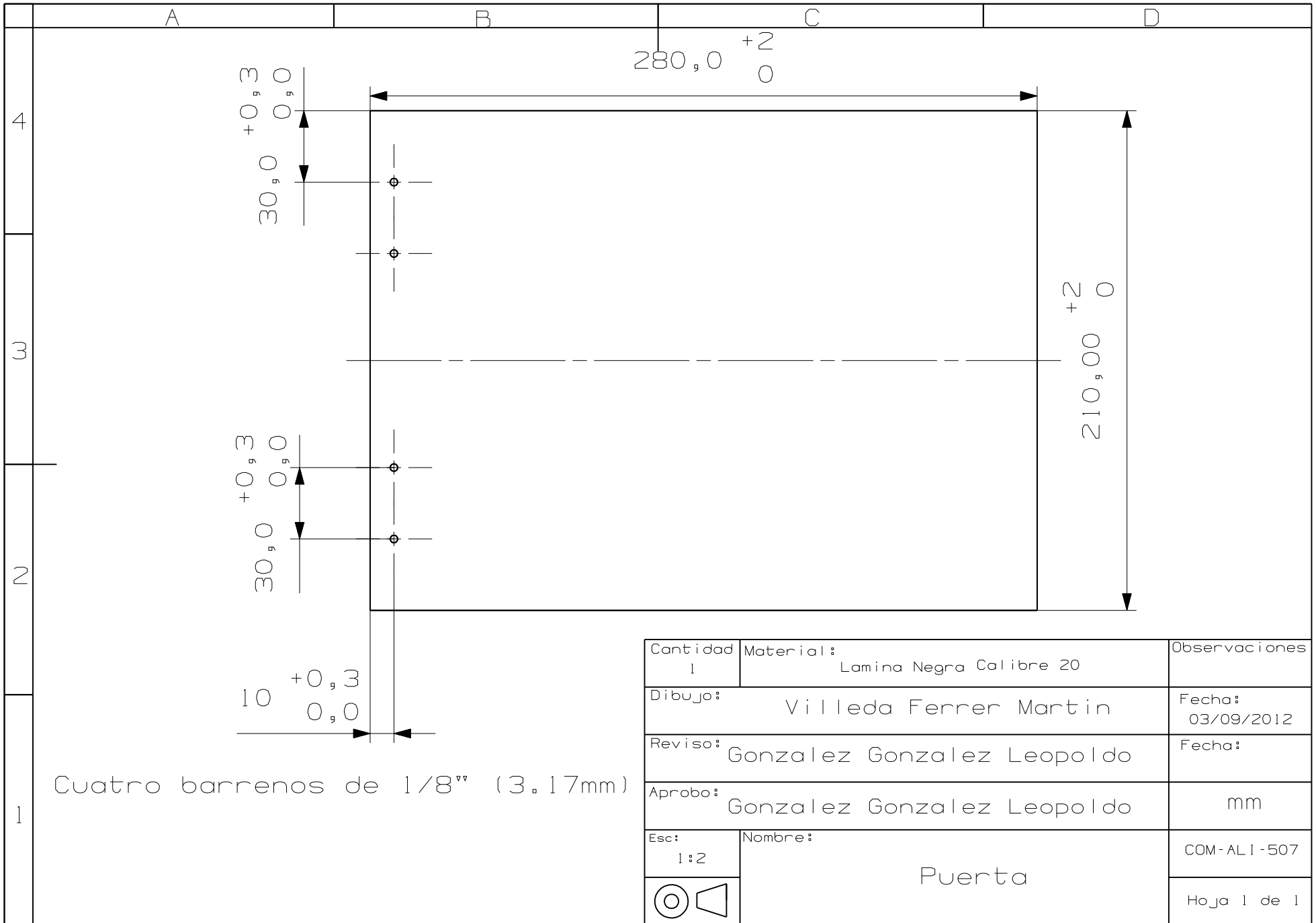


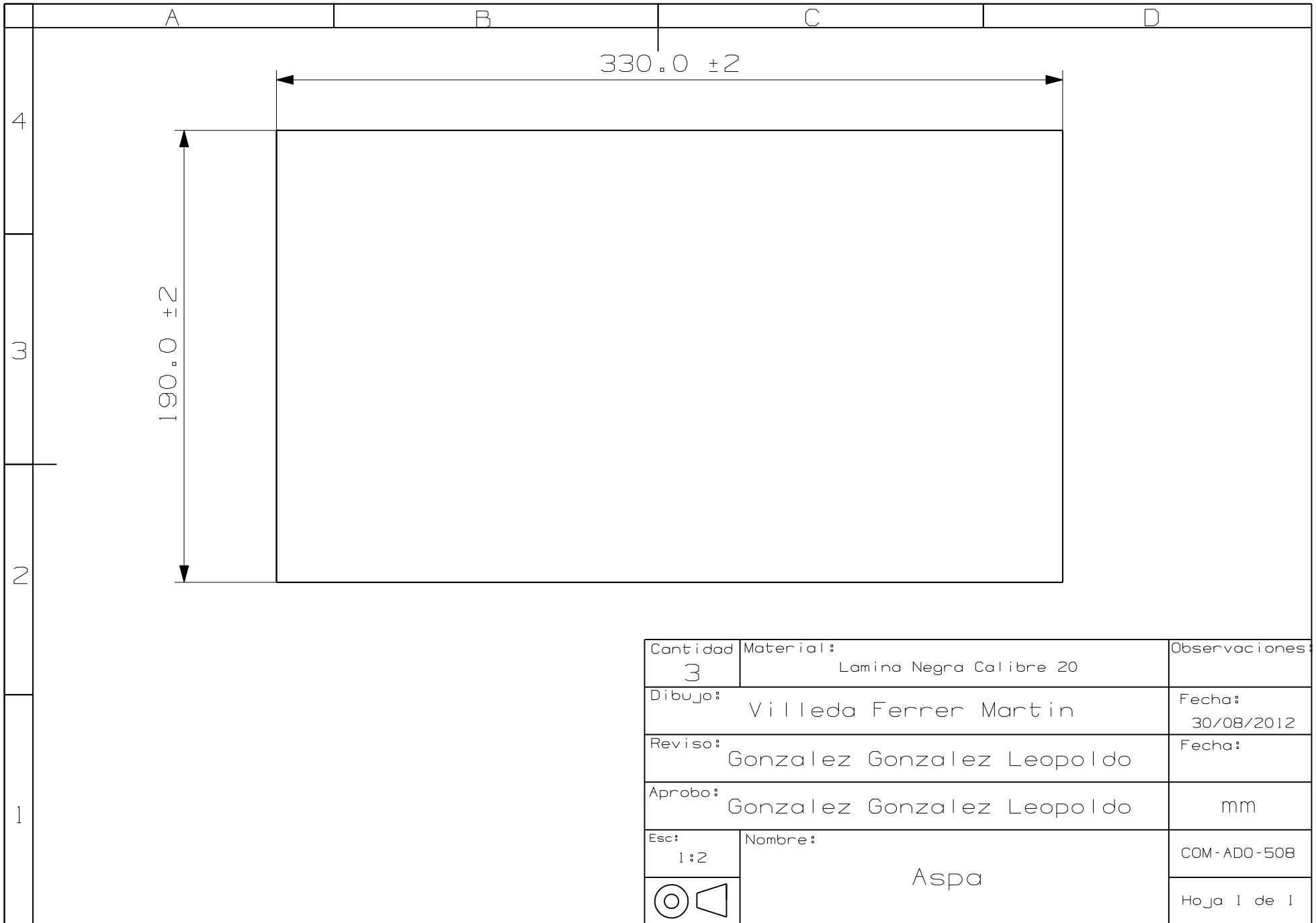
2	Soporte eje 2		Ver plano COM-SOP-526	
1	Sofera eje	1	Ver plano COM-SOP-524	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material
Dibujo: Teuffer Zuniga Luis				Fecha: 30/08/2012
Reviso: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				Fecha:
Aprobo: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				mm
Esc: 1:5	Nombre: Soporte cilindro			COM-SOP-505
				Hoja 1 de 1

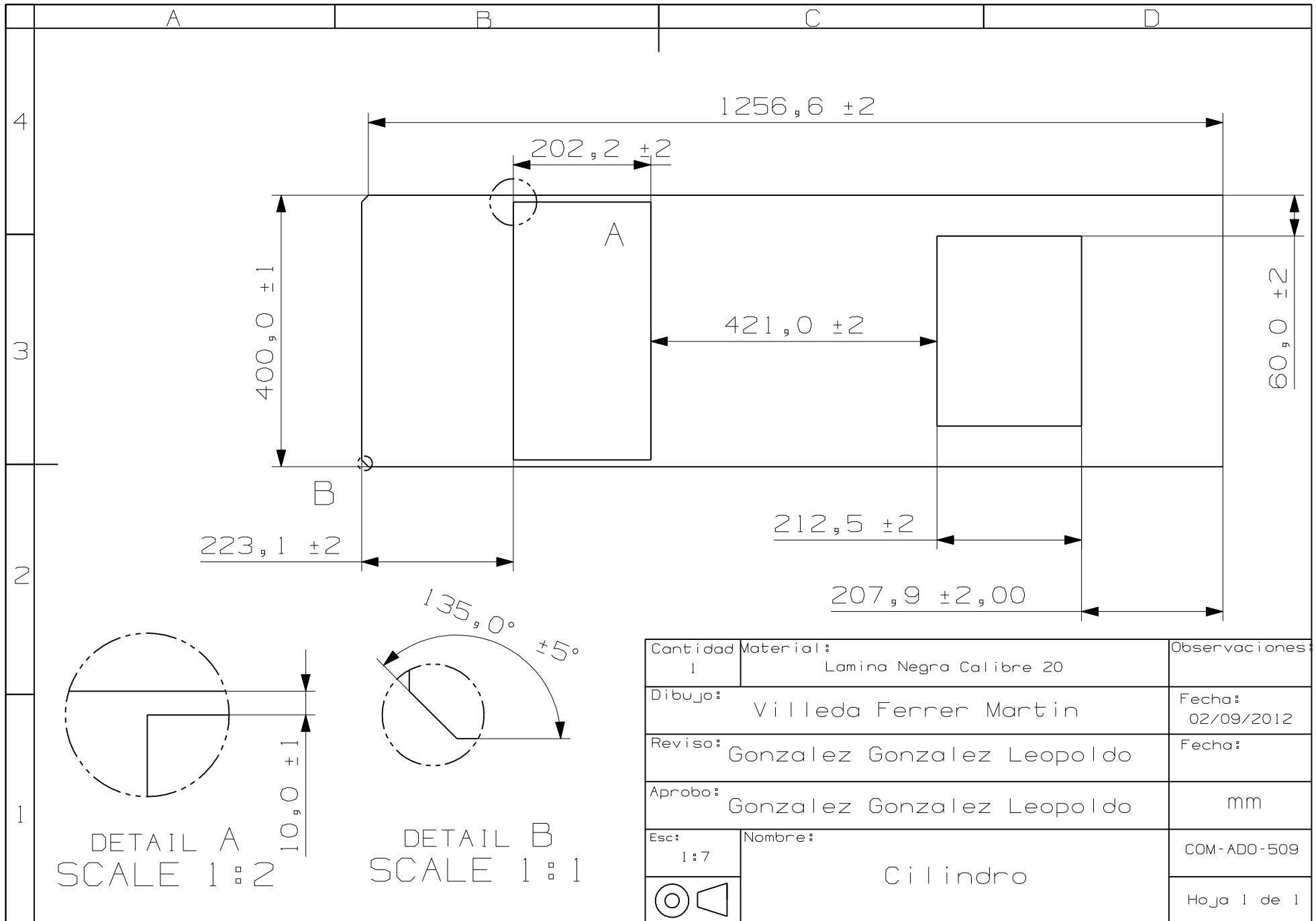


Todas las uniones soldadas

4	Soporteprensa	3	Ver plano COM-SOP-527	
3	Perfil 3	4	Ver plano COM-SOP-531	
2	Perfil 2	4	Ver plano COM-SOP-530	
1	Perfil	4	Ver plano COM-SOP-529	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones	Material
Dibujó: Teuffer Zuniga Luis				Fecha: 30/05/2012
Revisó: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				Fecha:
Aprobó: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				mm
Escala: 1:15	Número:			COM-SOP-506
Estructura				Hoja 1 del







4

3

2

1

A

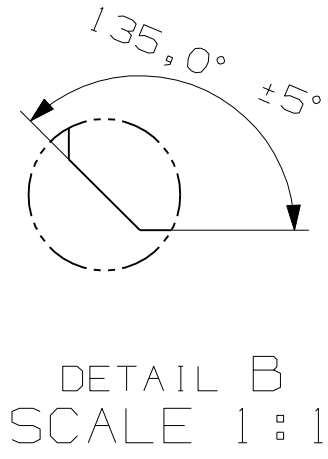
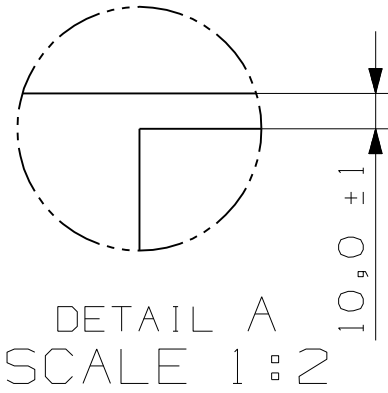
B

C

D

A

B



1256,6 ± 2

202,2 ± 2

400,0 ± 1

421,0 ± 2

60,0 ± 2

223,1 ± 2

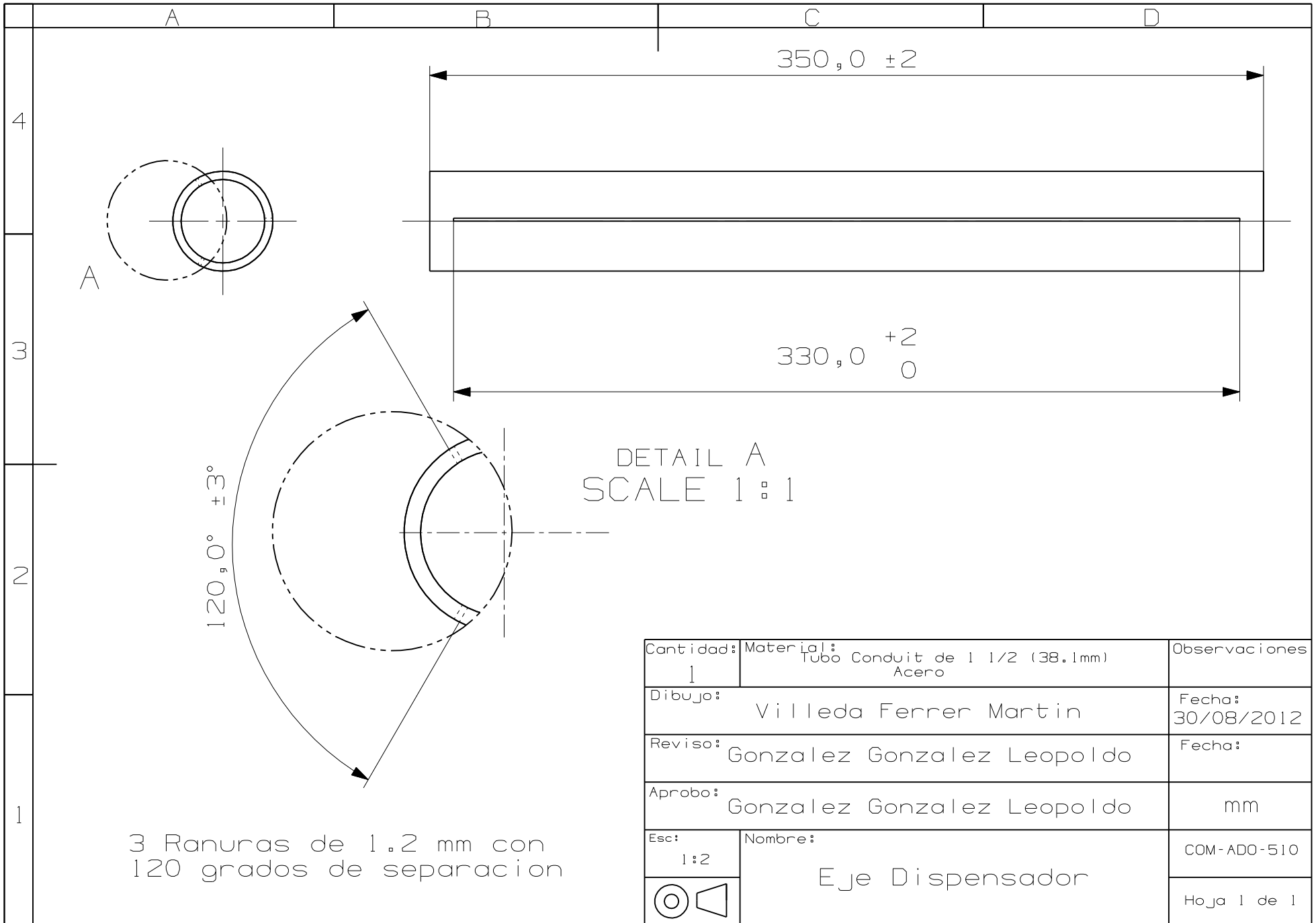
212,5 ± 2

207,9 ± 2,00

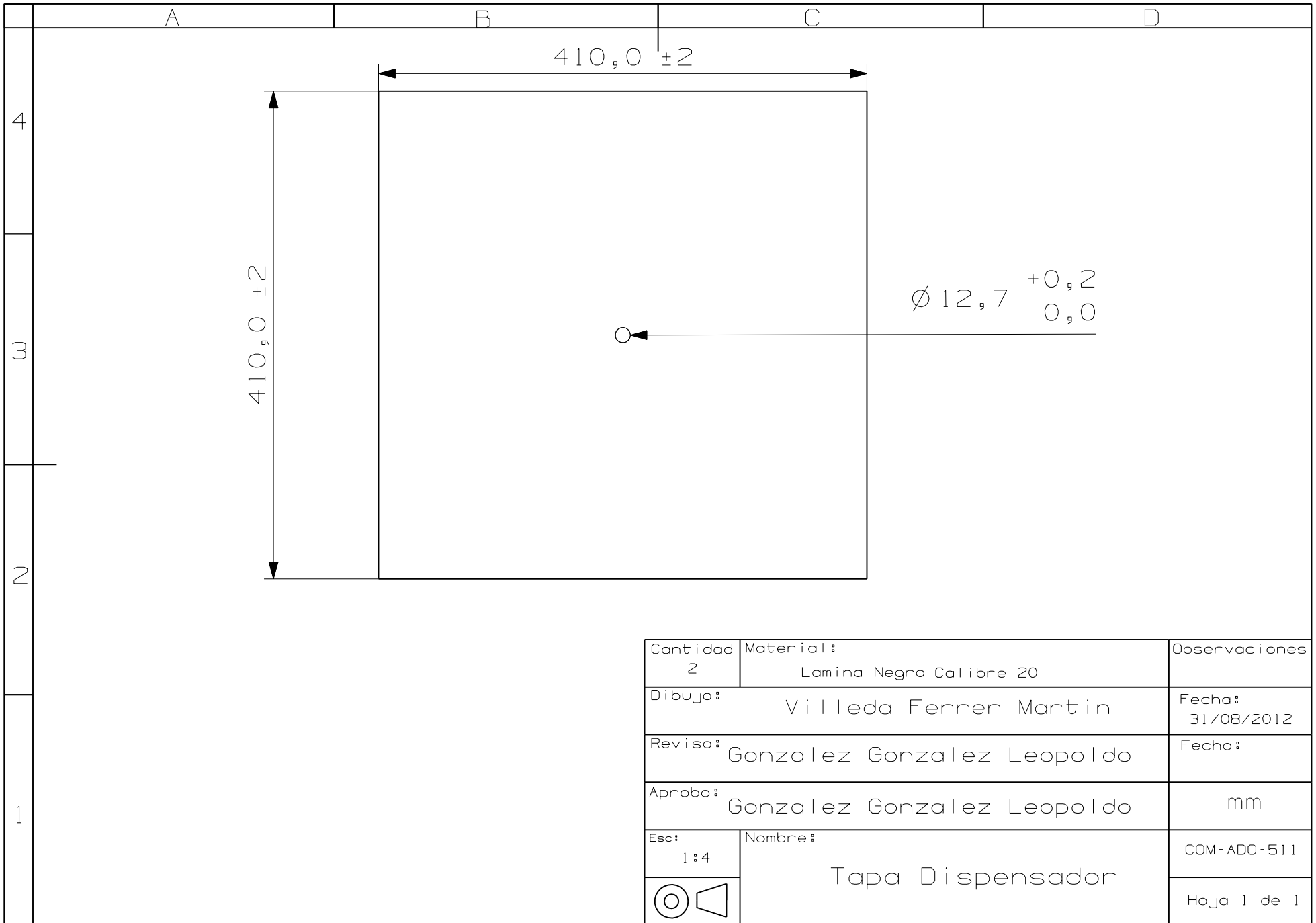
135,0° ± 5°

10,0 ± 1

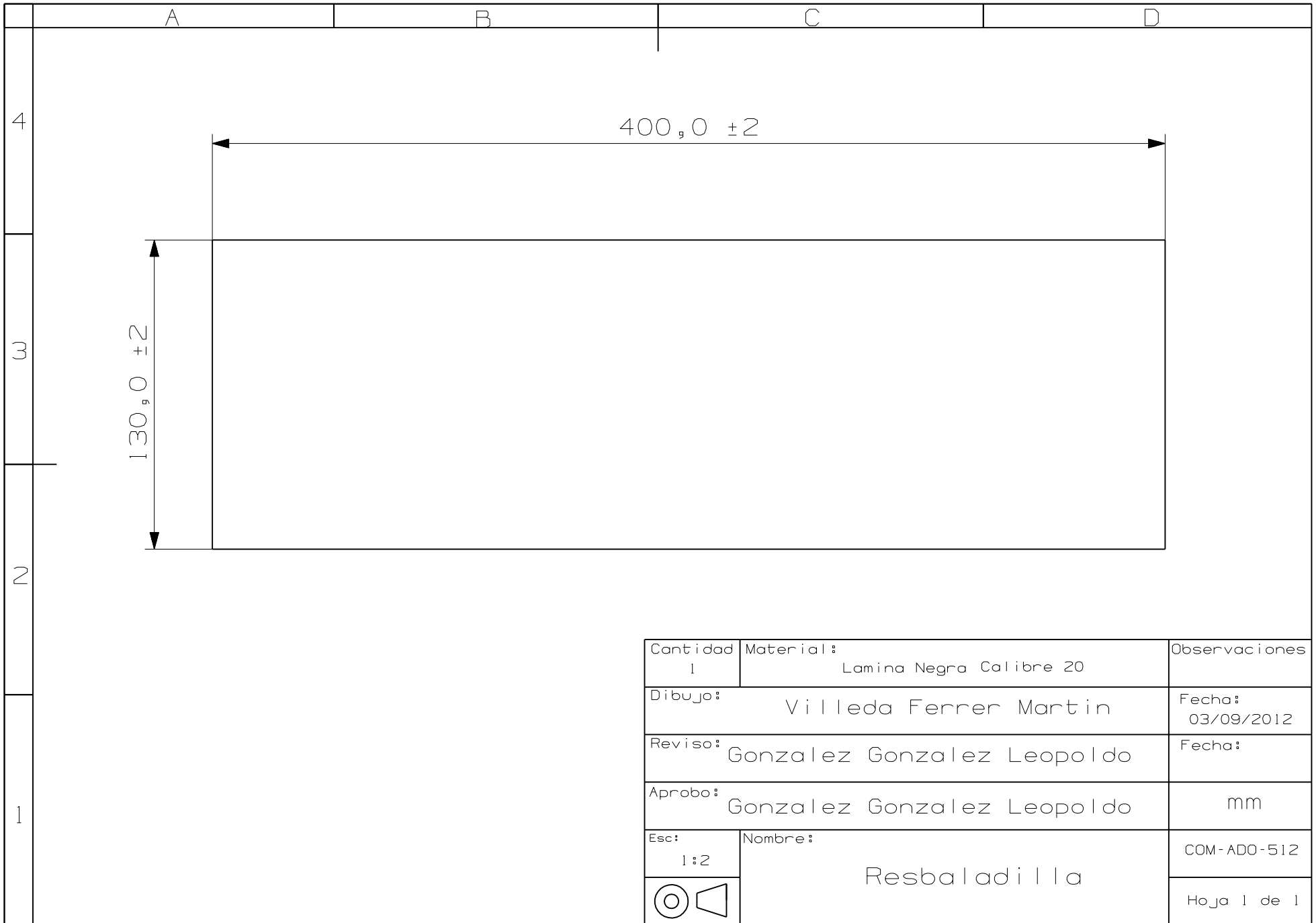
Cantidad 1	Material: Lamina Negra Calibre 20	Observaciones:
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 02/09/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:7	Nombre: Cilindro	COM-ADO-509
		Hoja 1 de 1

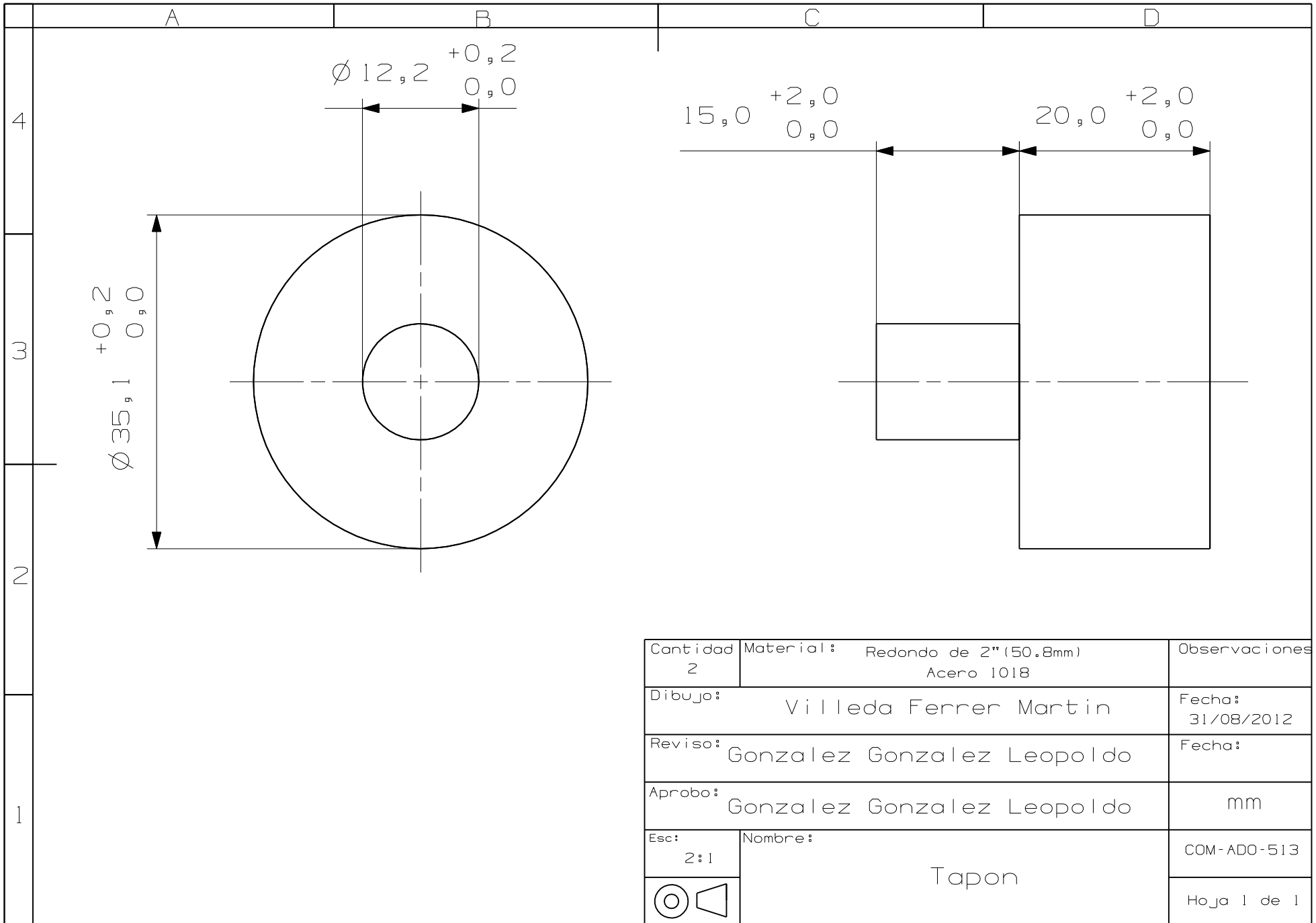


Cantidad: 1	Material: Tubo Conduit de 1 1/2 (38.1mm) Acero	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 30/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:2	Nombre: Eje Dispensador	COM-ADO-510
		Hoja 1 de 1

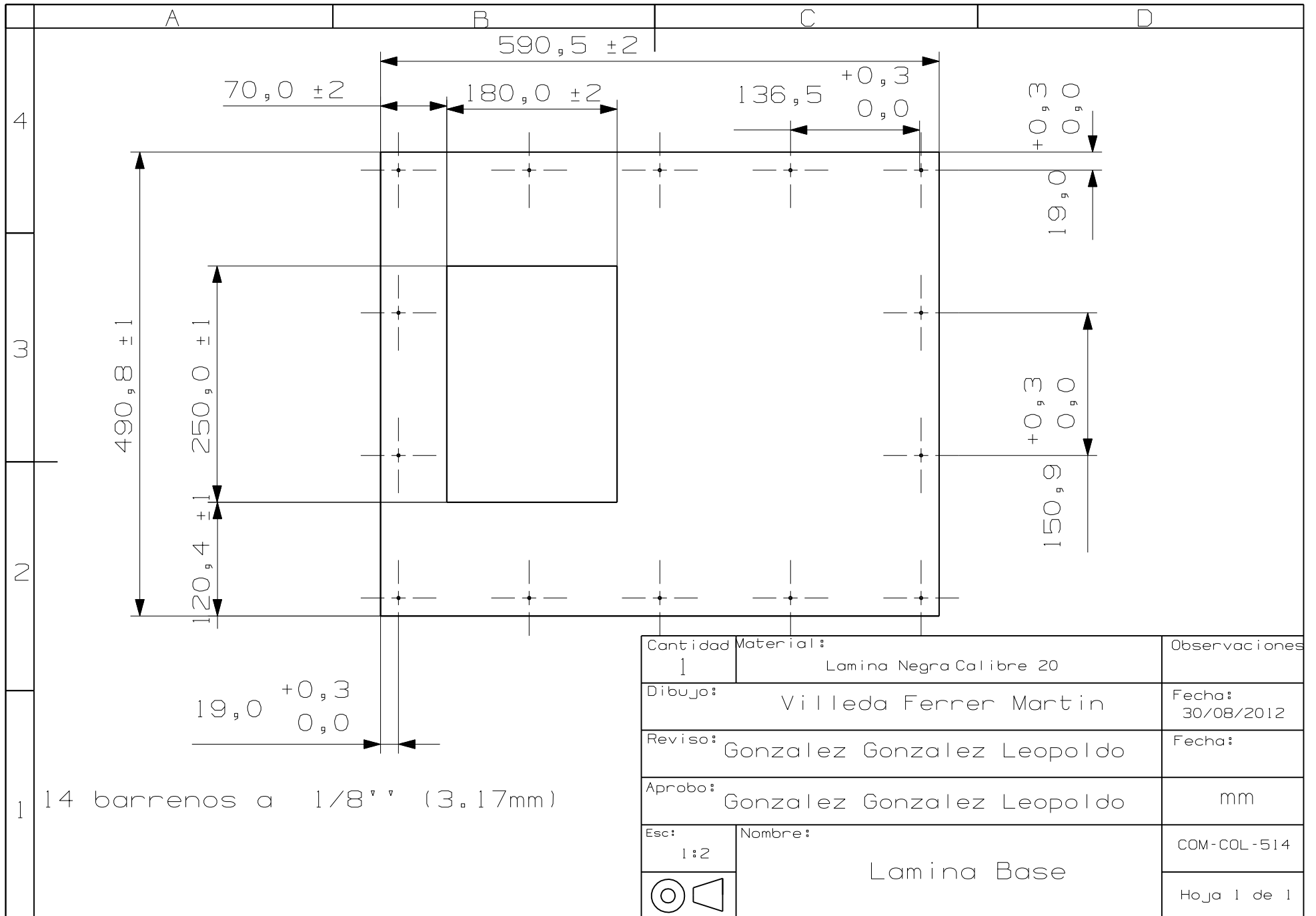


Cantidad: 2	Material: Lamina Negra Calibre 20	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 31/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:4	Nombre: Tapa Dispensador	COM-ADO-511
		Hoja 1 de 1





Cantidad: 2	Material: Redondo de 2" (50.8mm) Acero 1018	Observaciones:
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 31/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 2:1	Nombre: Tapon	COM-ADO-513
		Hoja 1 de 1



4

3

2

1

490,8 ± 1

250,0 ± 1

120,4 ± 1

19,0 +0,3
0,0

590,5 ± 2

70,0 ± 2

180,0 ± 2

136,5

+0,3
0,0

+0,3
0,0

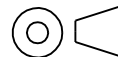
19,0

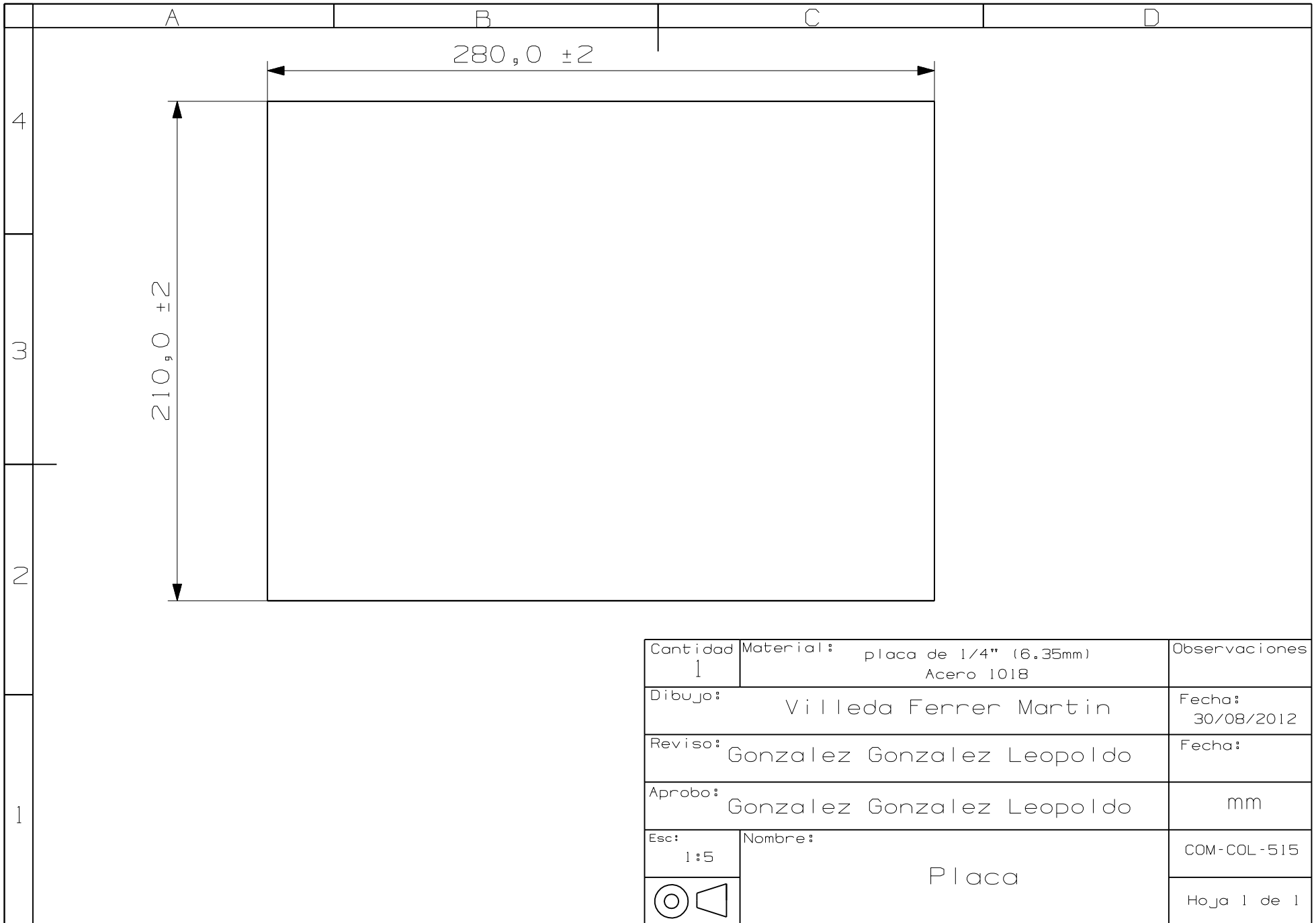
+0,3
0,0

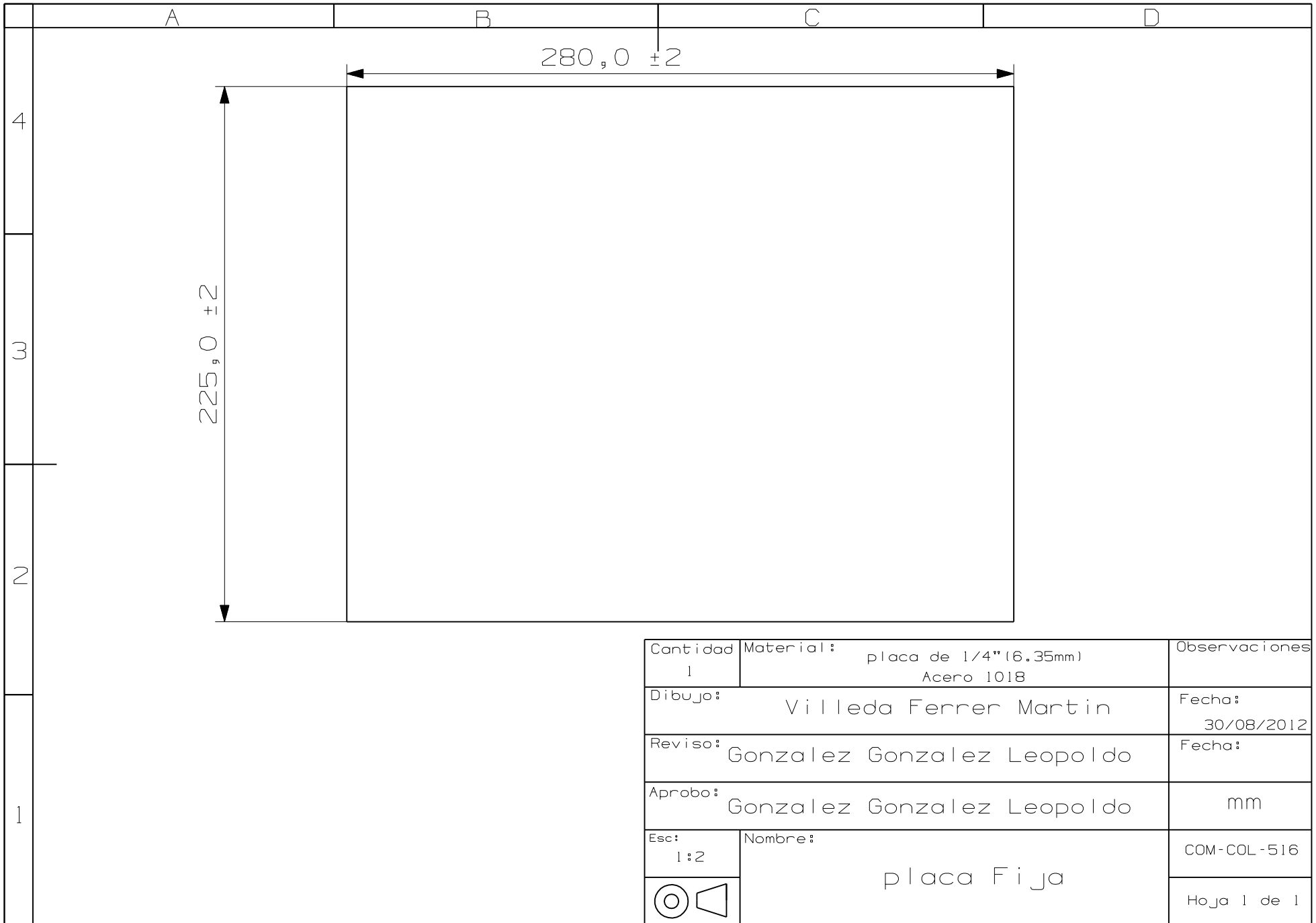
150,9

14 barrenos a 1/8" (3.17mm)

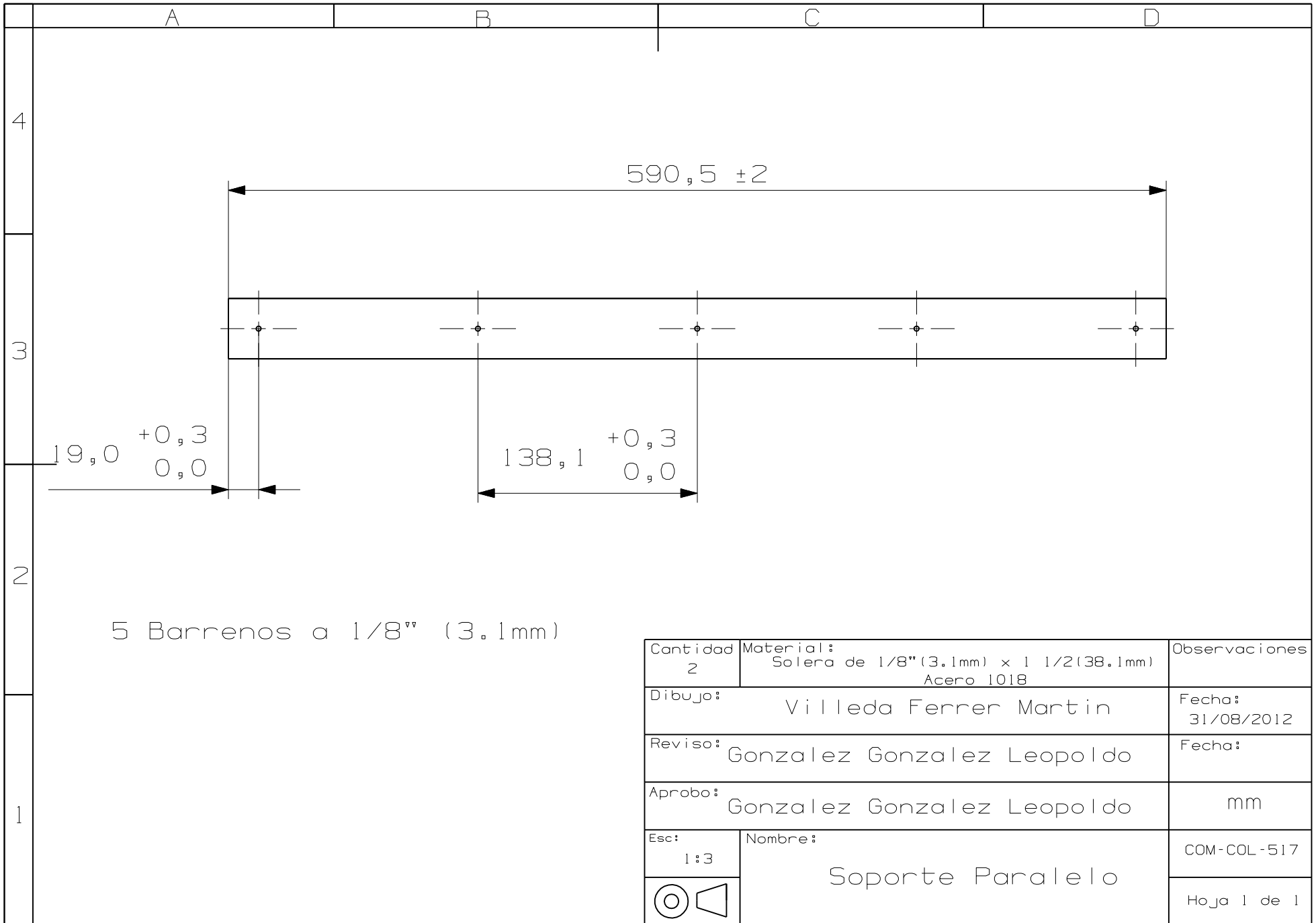
Cantidad	Material:	Observaciones
1	Lamina Negra Calibre 20	
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 30/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc:	Nombre:	COM-COL-514
1:2	Lamina Base	Hoja 1 de 1

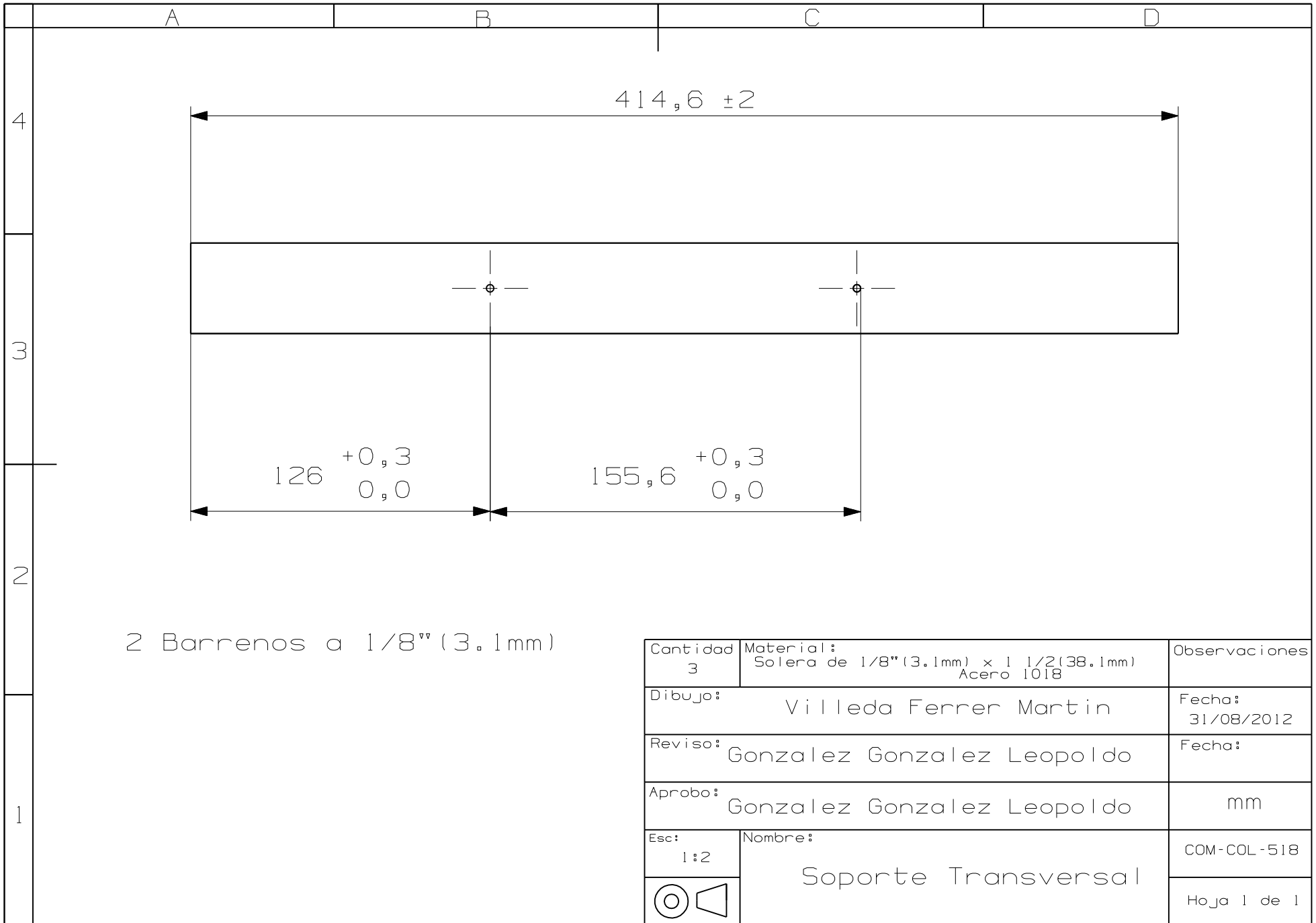






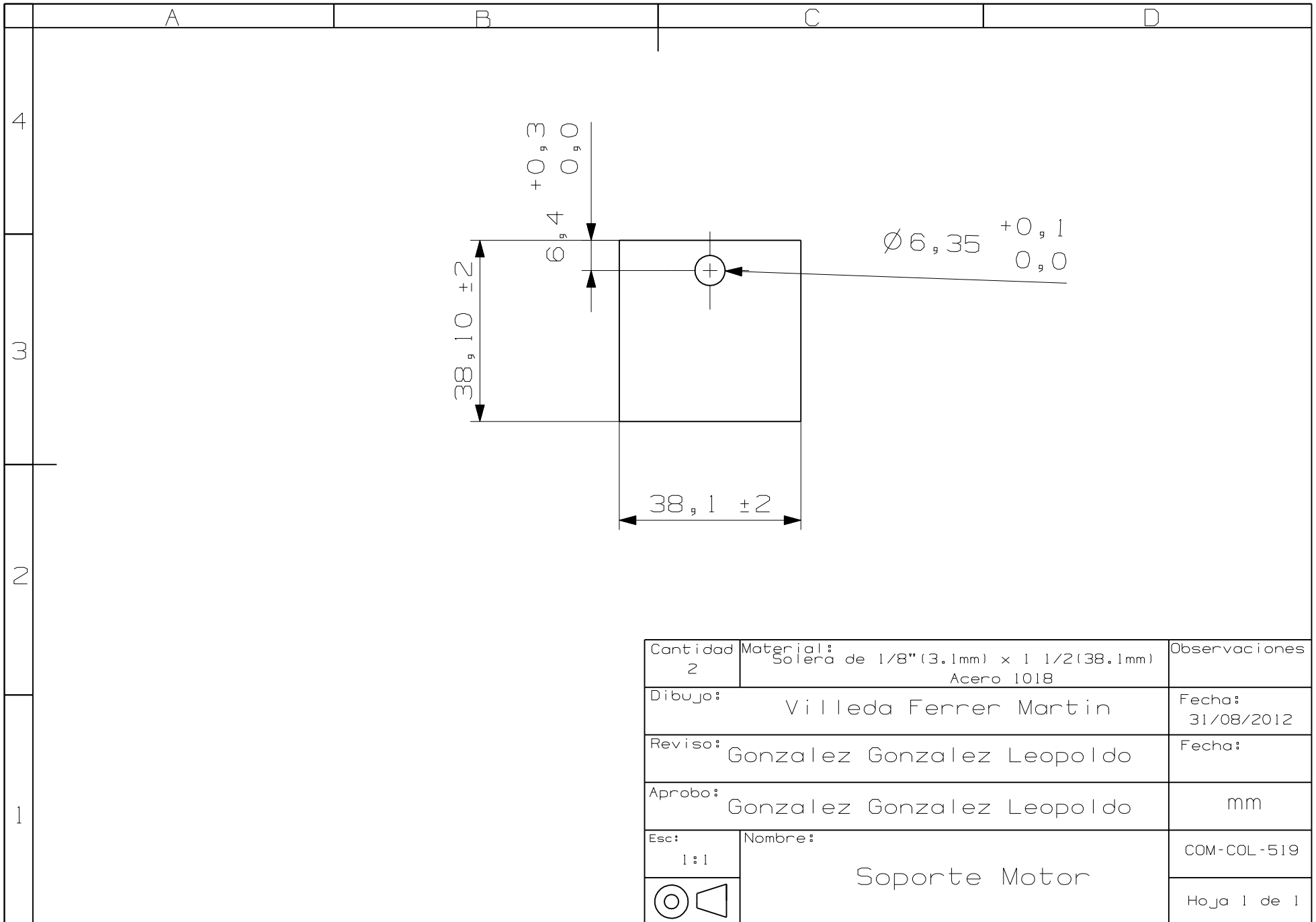
Cantidad 1	Material: placa de 1/4" (6.35mm) Acero 1018	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 30/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:2	Nombre: placa Fija	COM-COL-516
		Hoja 1 de 1

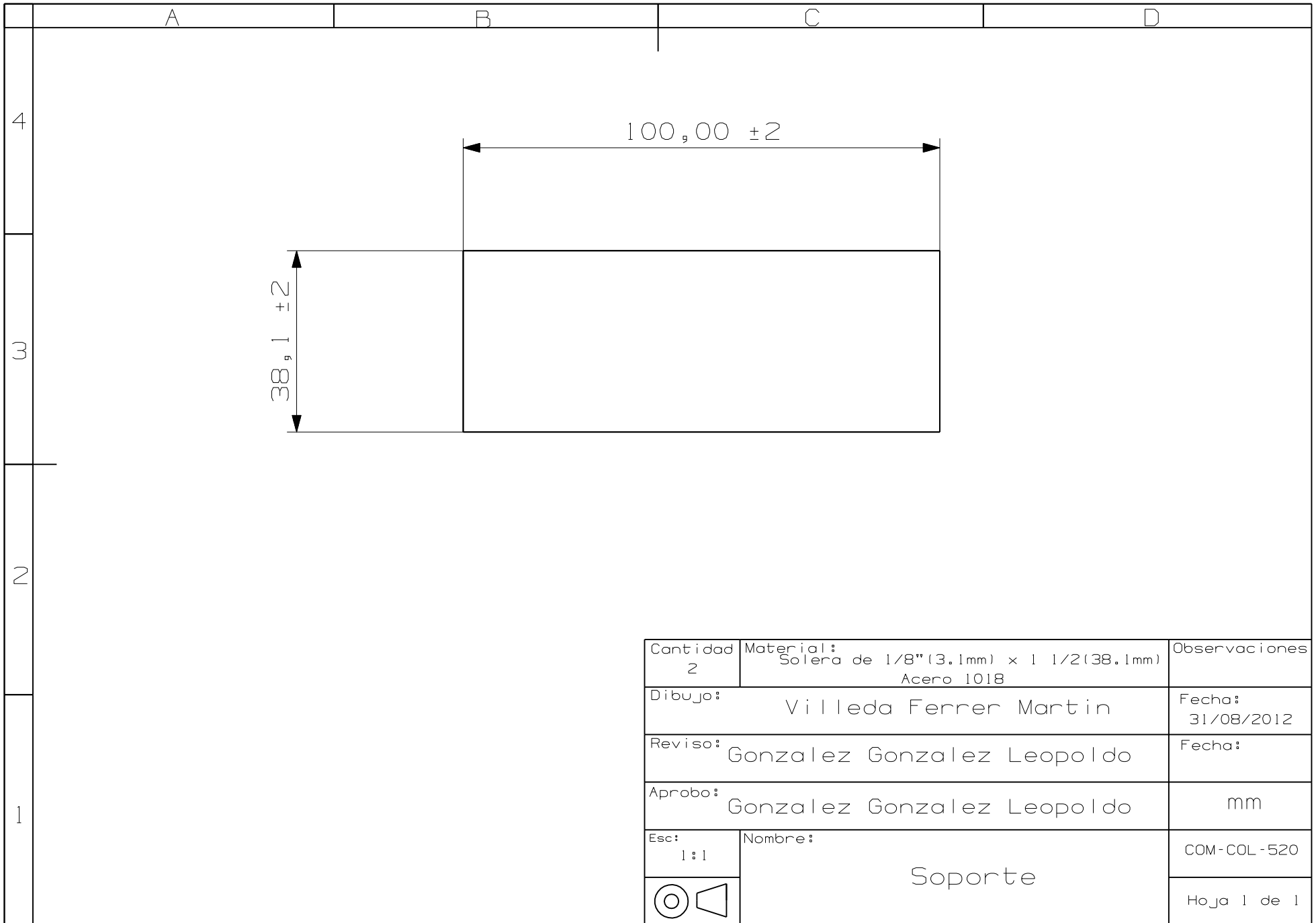




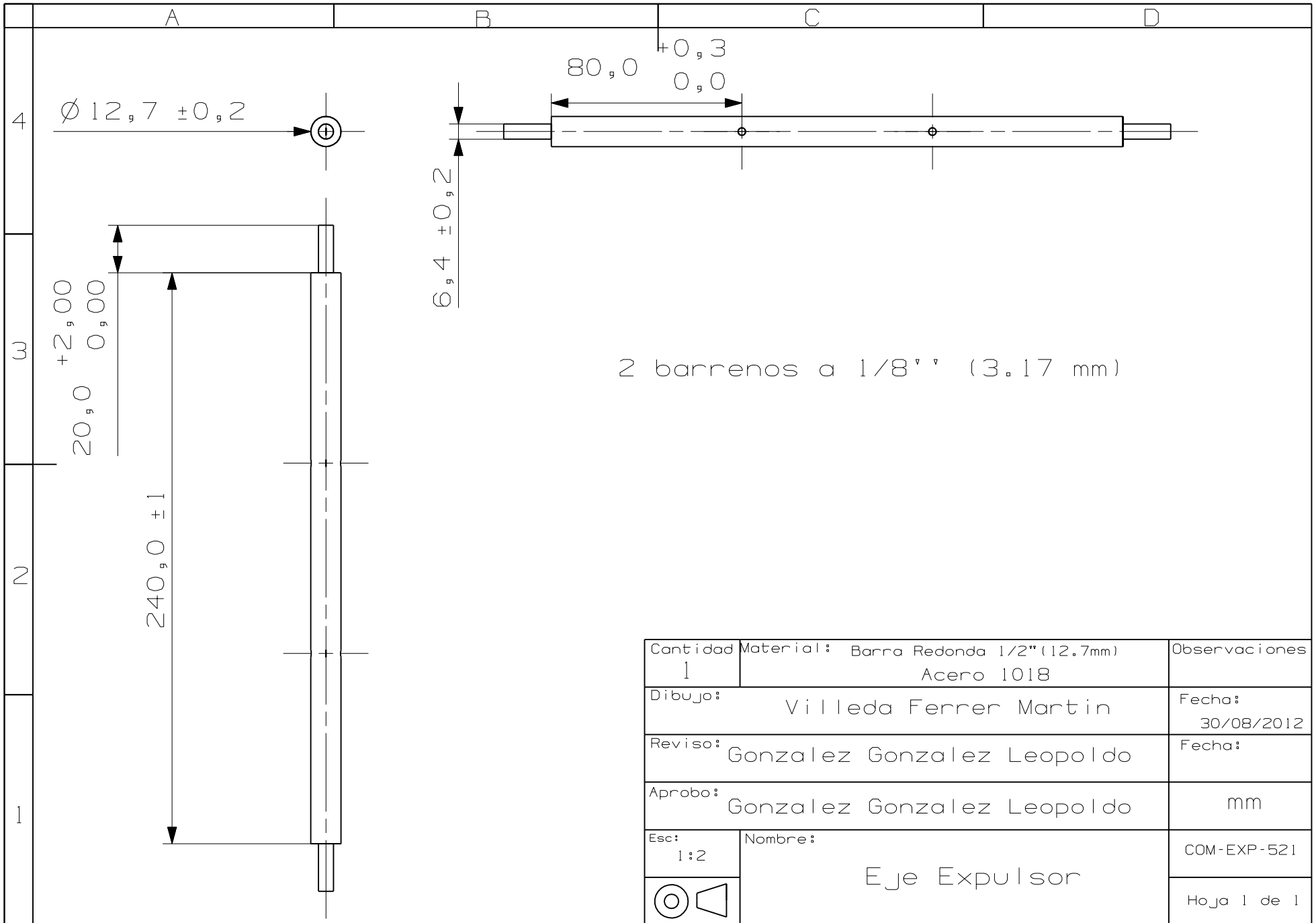
2 Barrenos a 1/8" (3.1mm)

Cantidad 3	Material: Solera de 1/8" (3.1mm) x 1 1/2 (38.1mm) Acero 1018	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 31/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:2	Nombre: Soporte Transversal	COM-COL-518
		Hoja 1 de 1



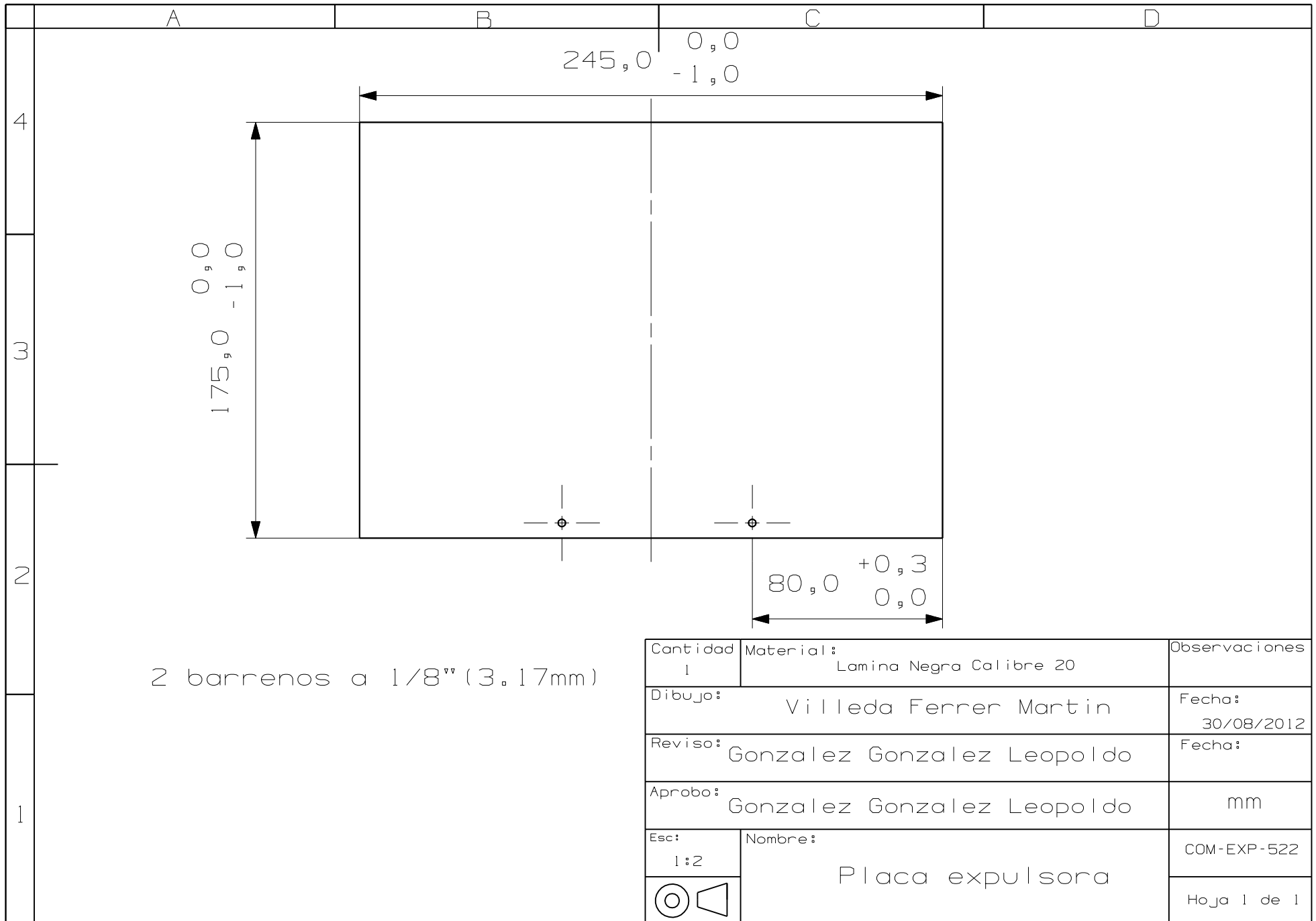


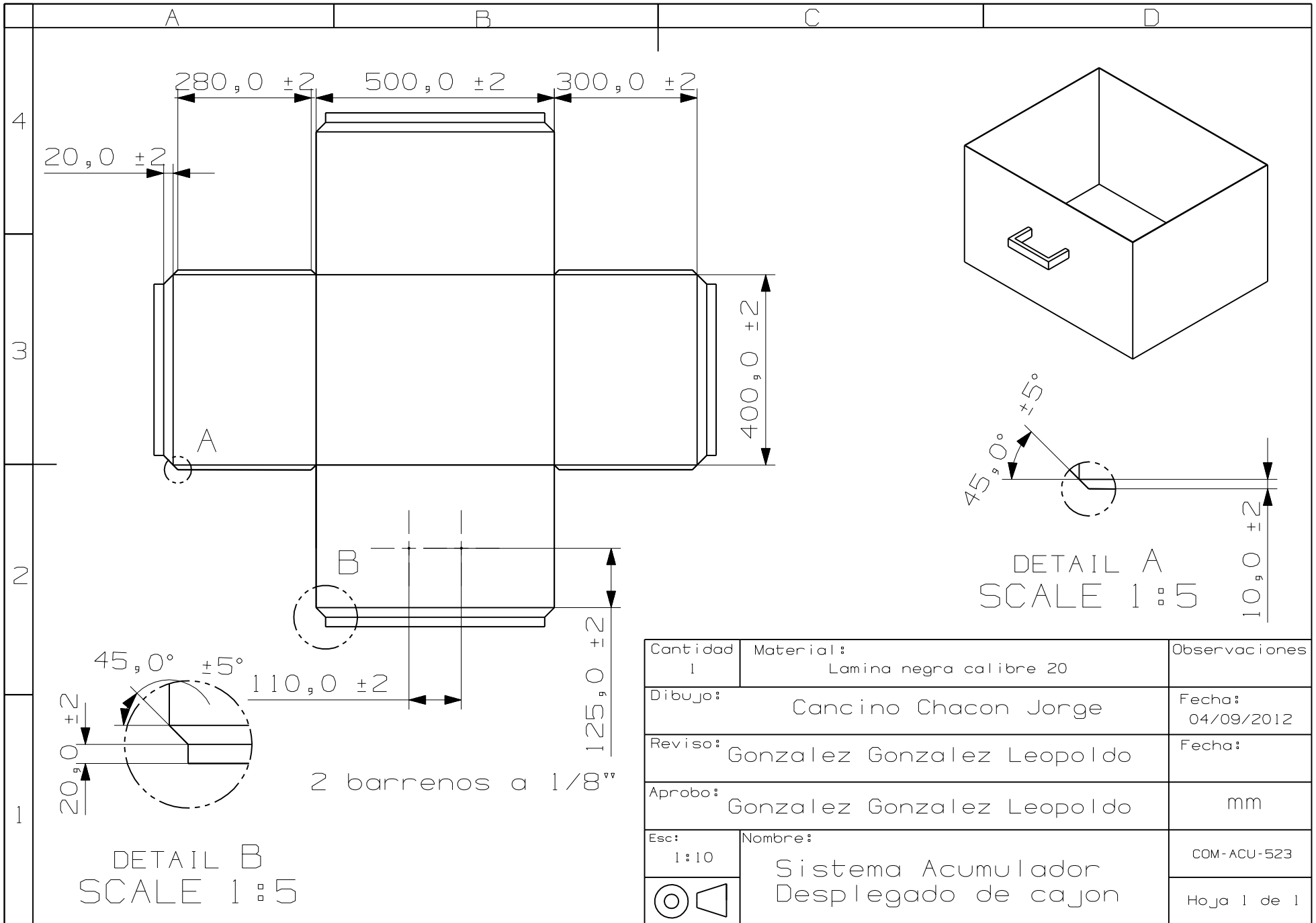
Cantidad: 2	Material: Solera de 1/8" (3.1mm) x 1 1/2 (38.1mm) Acero 1018	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 31/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:1	Nombre: Soporte	COM-COL-520
		Hoja 1 de 1



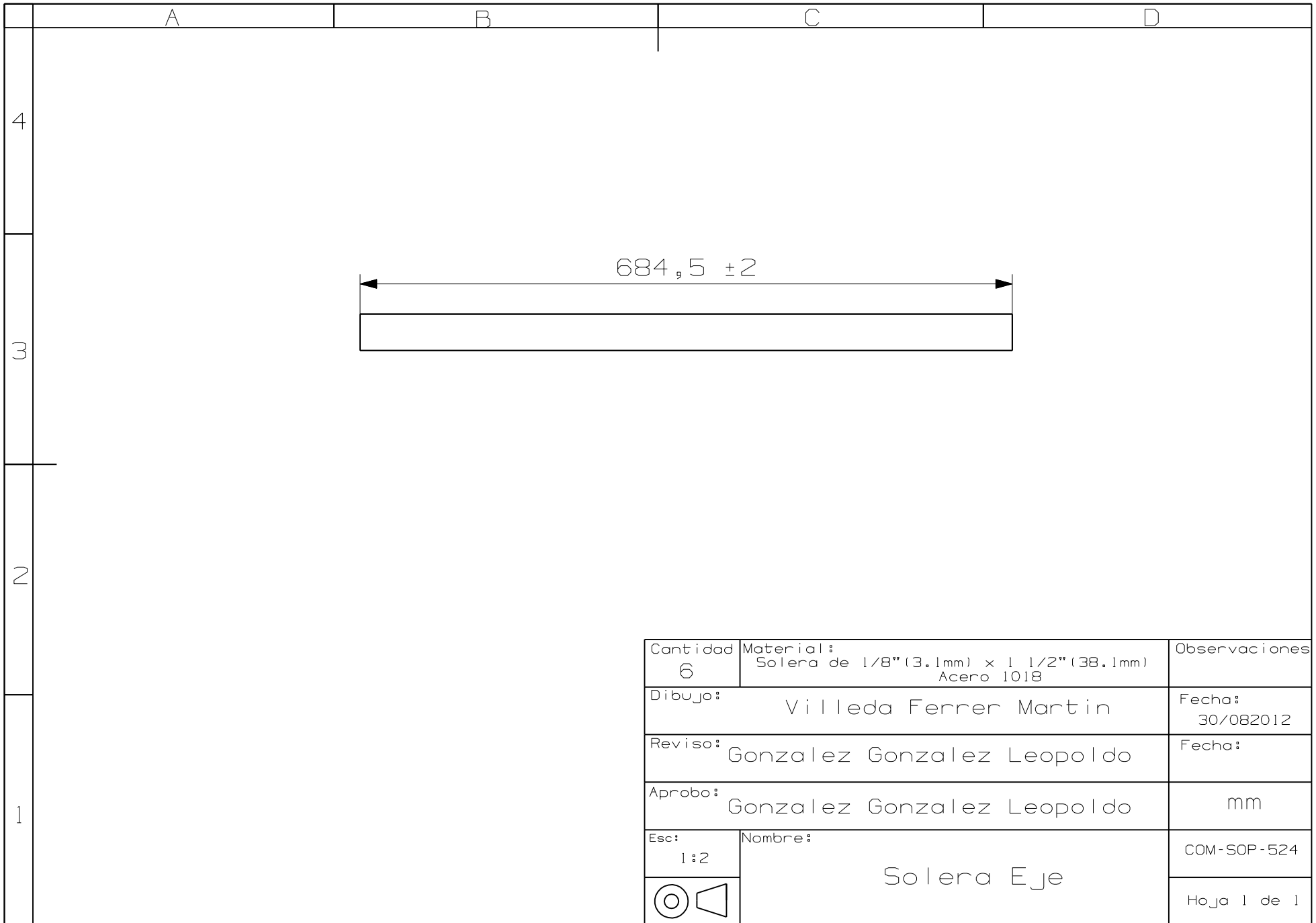
2 barrenos a 1/8" (3.17 mm)

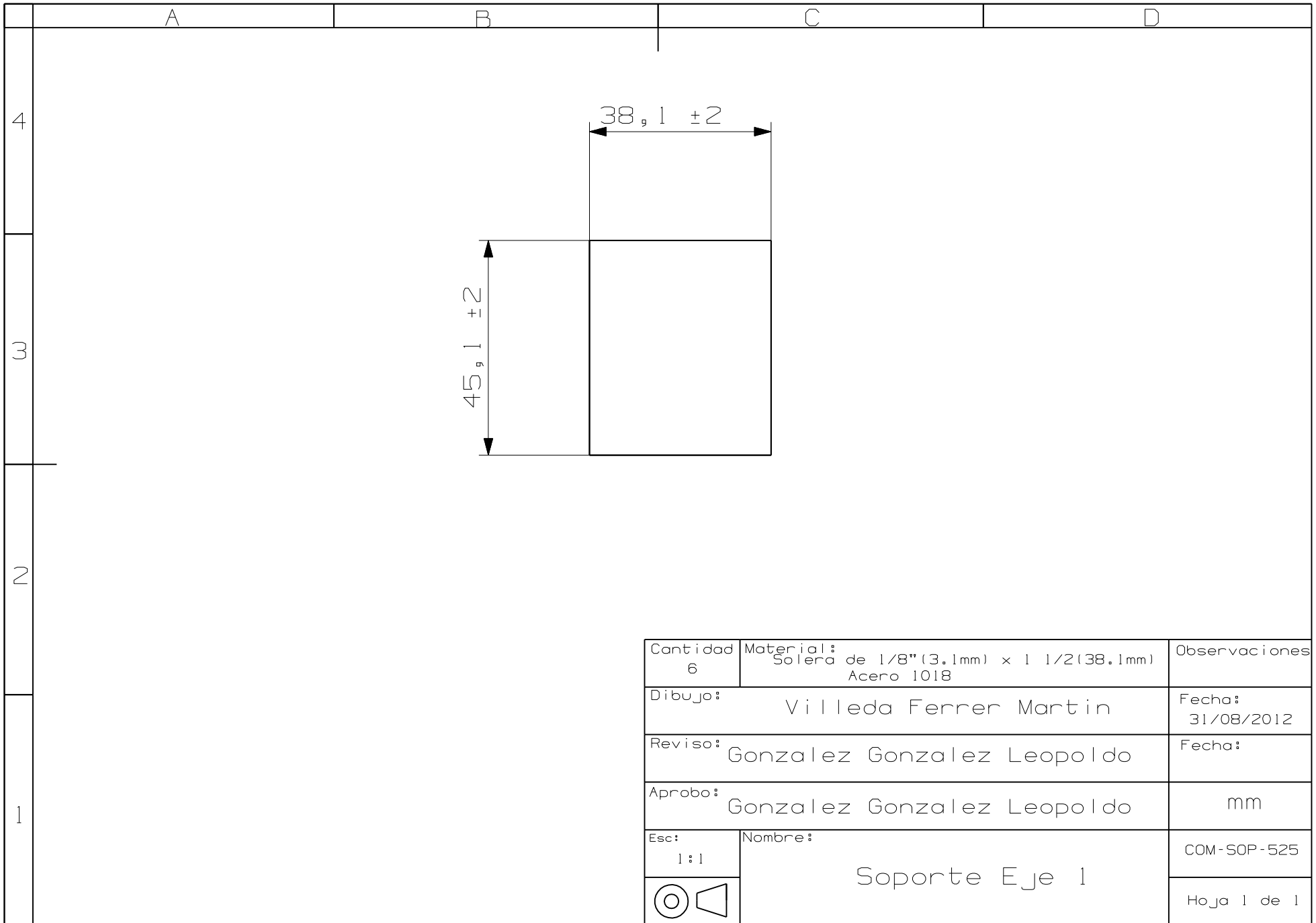
Cantidad: 1	Material: Barra Redonda 1/2" (12.7mm) Acero 1018	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 30/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:2	Nombre: Eje Expulsor	COM-EXP-521
		Hoja 1 de 1

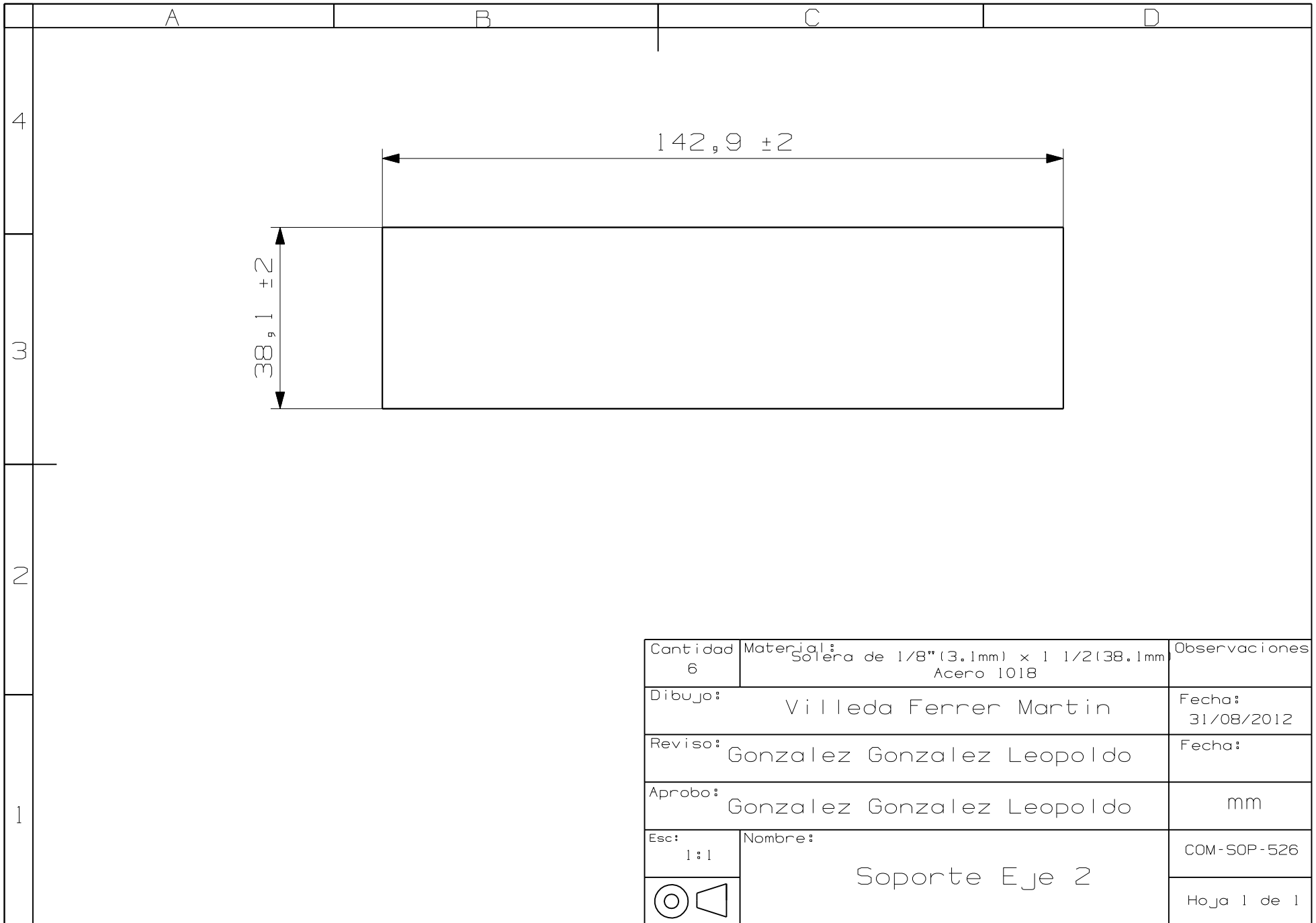


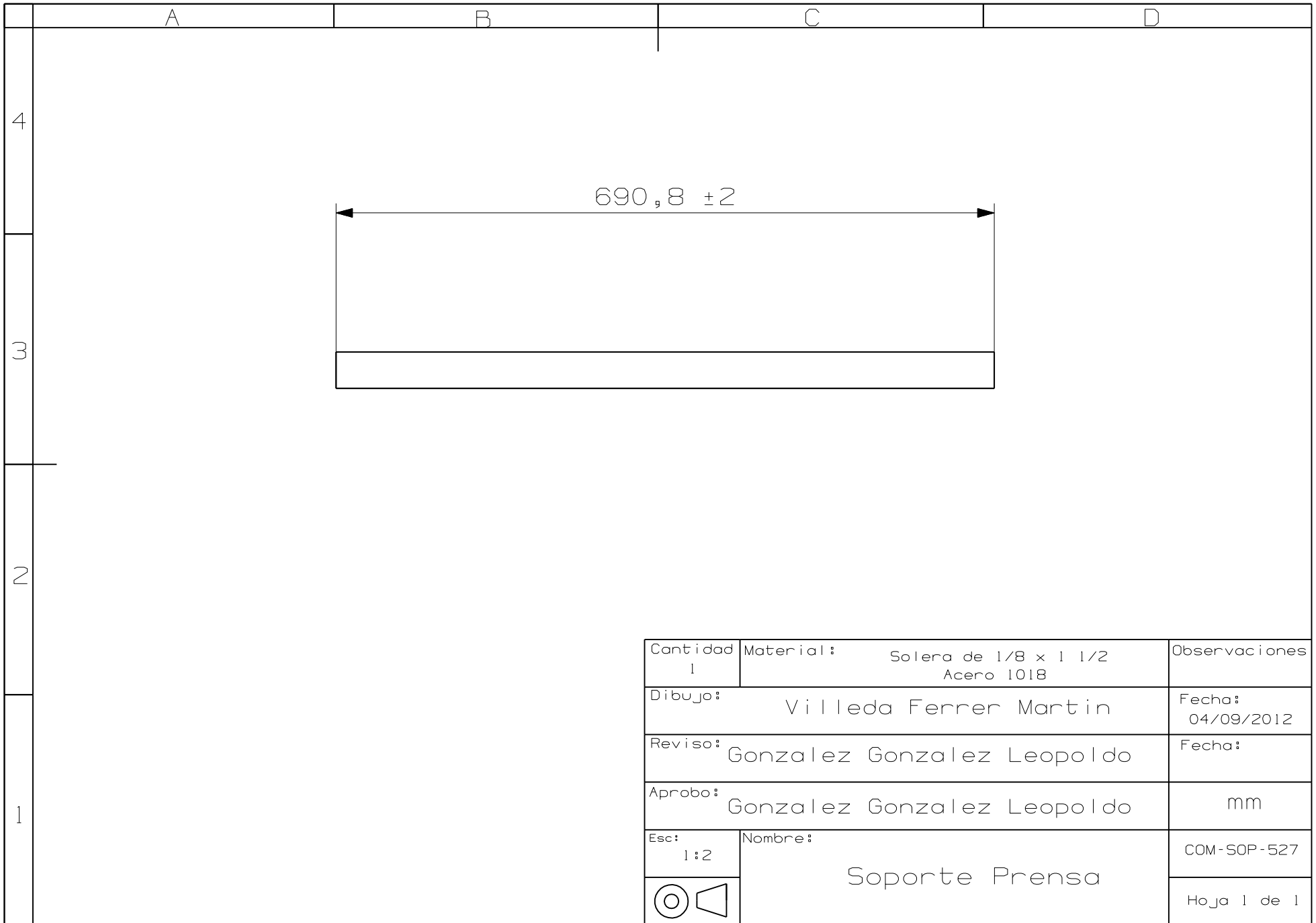


Cantidad	Material:	Observaciones
1	Lamina negra calibre 20	
Dibujo:	Cancino Chacon Jorge	Fecha: 04/09/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:10	Nombre: Sistema Acumulador Desplegado de cajon	COM-ACU-523
		Hoja 1 de 1

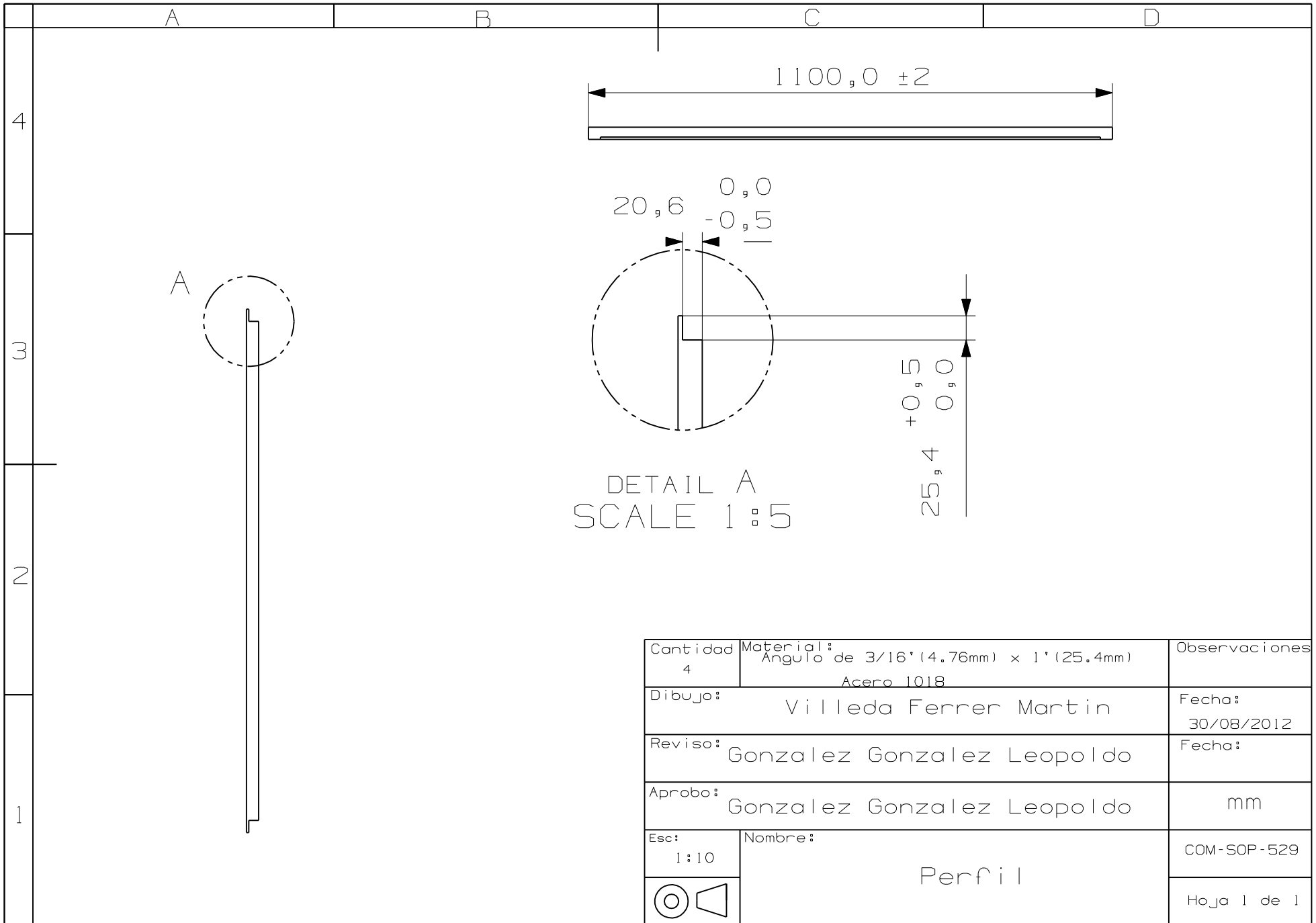






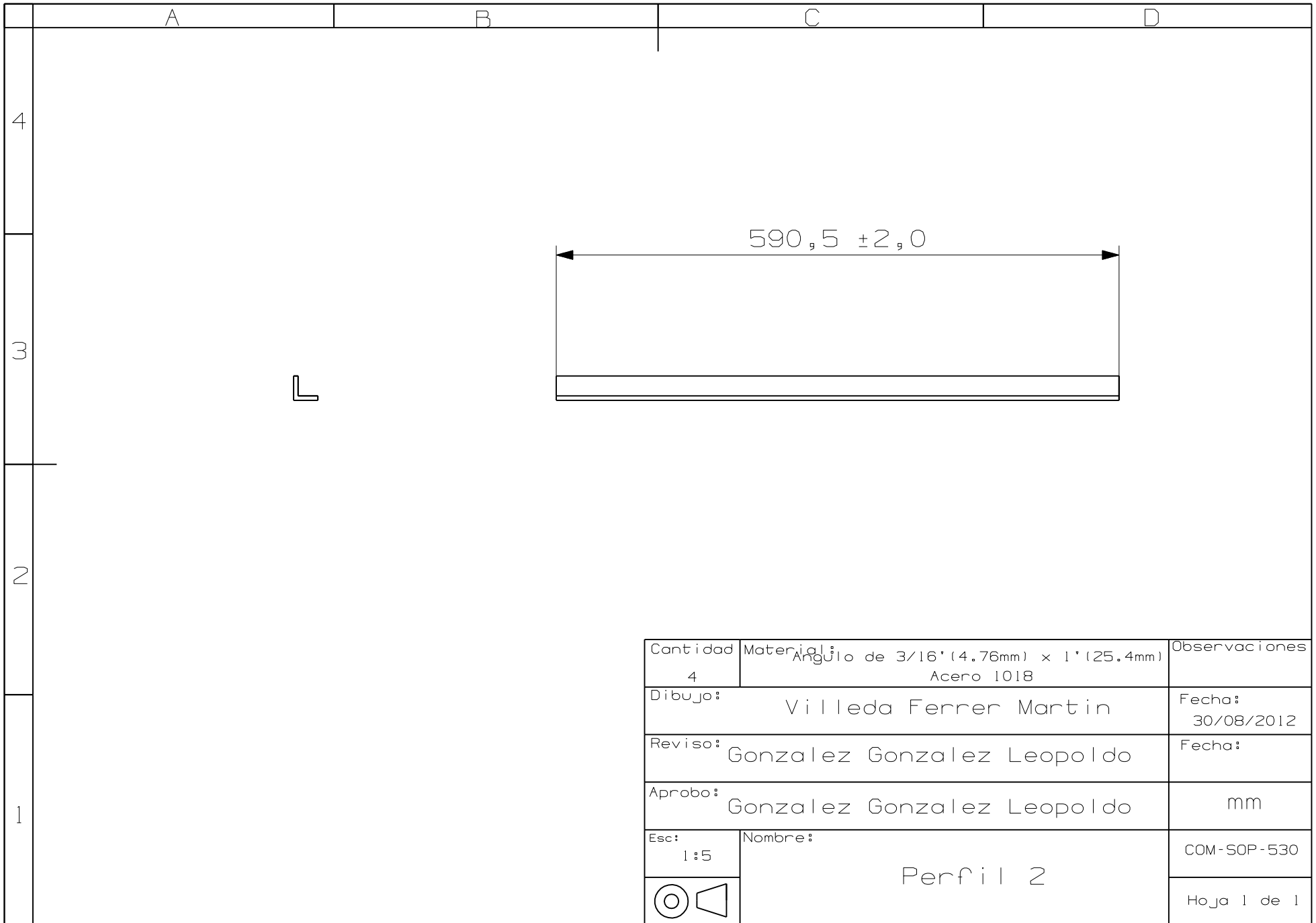


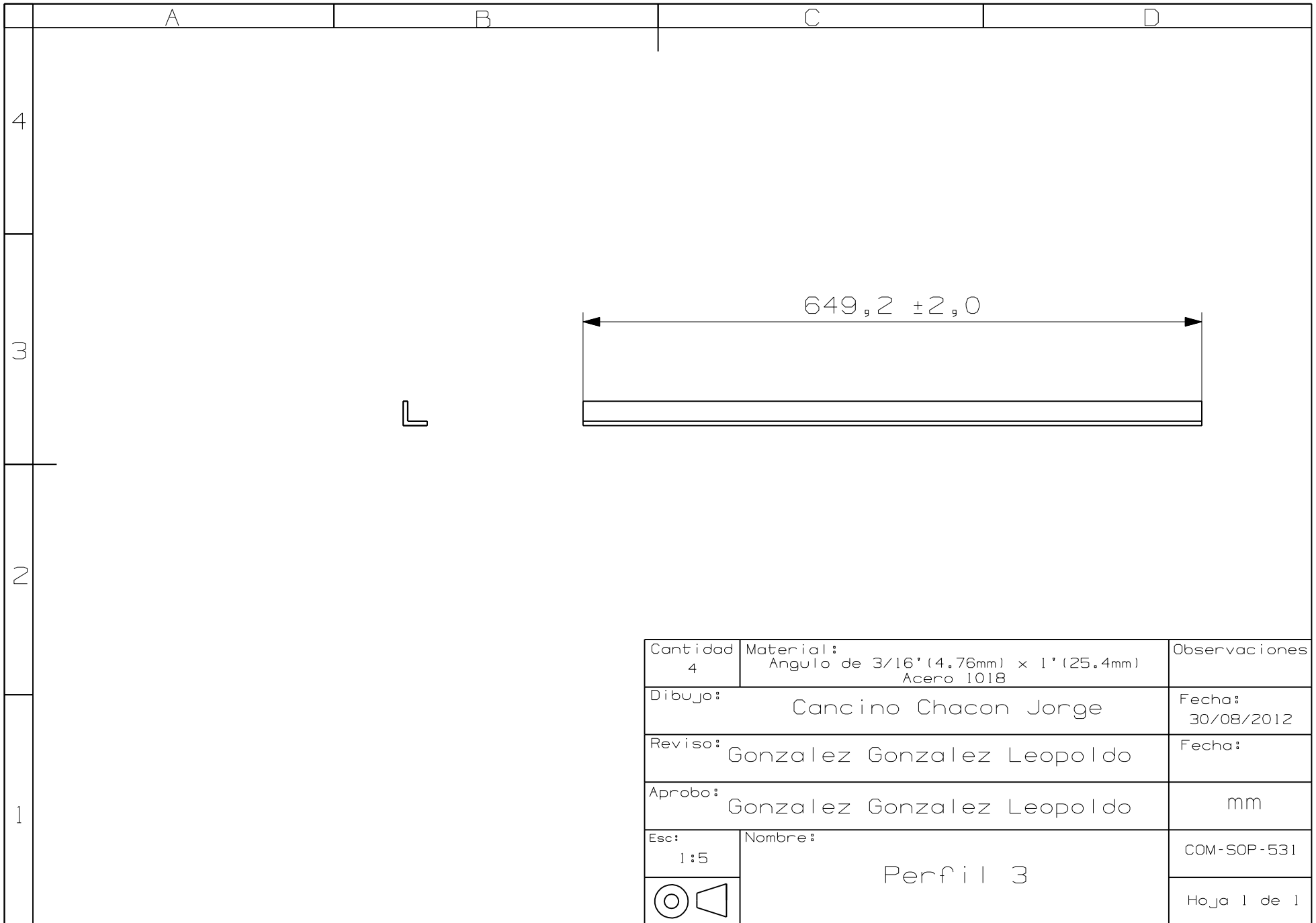


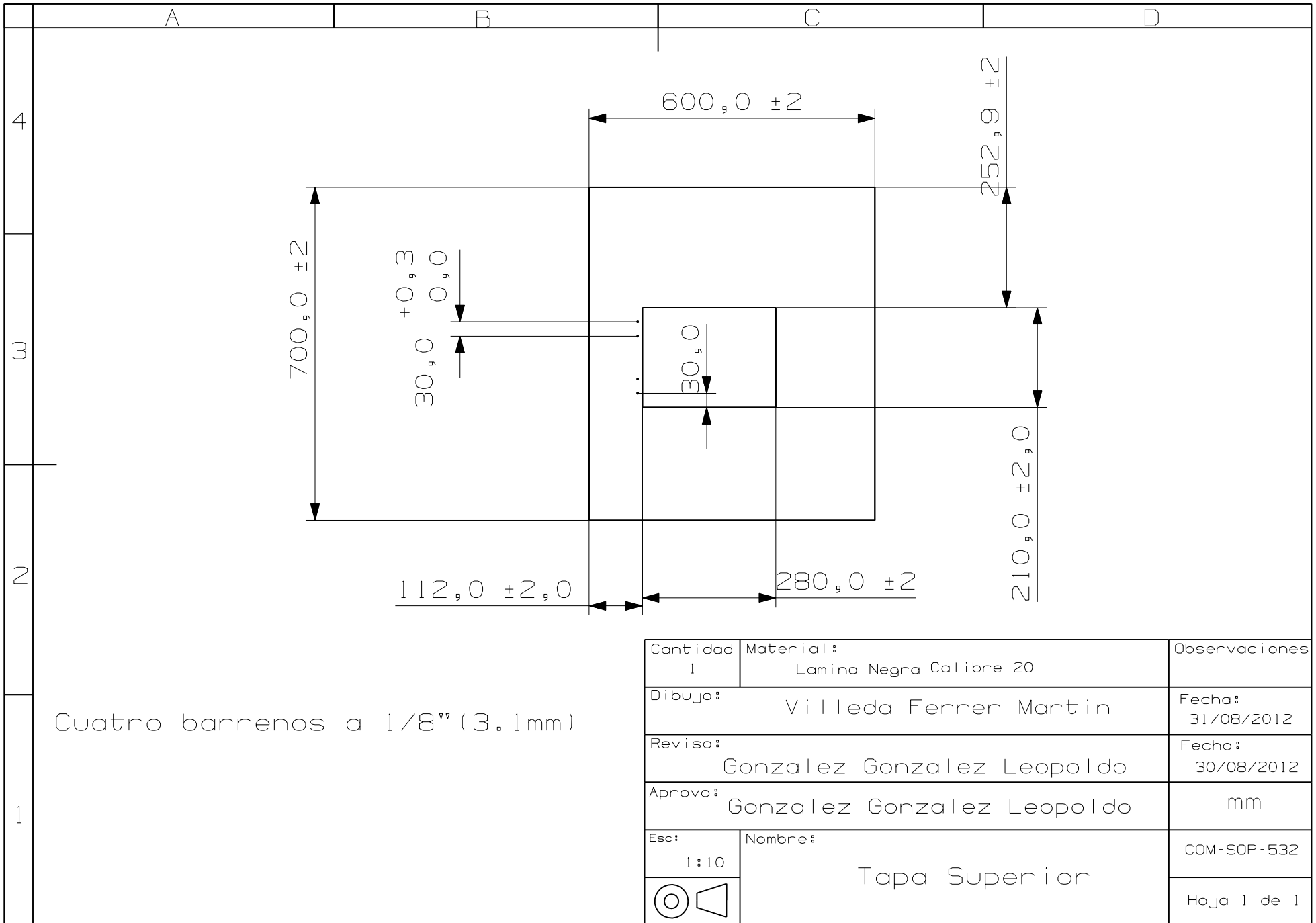


DETAIL A
SCALE 1:5

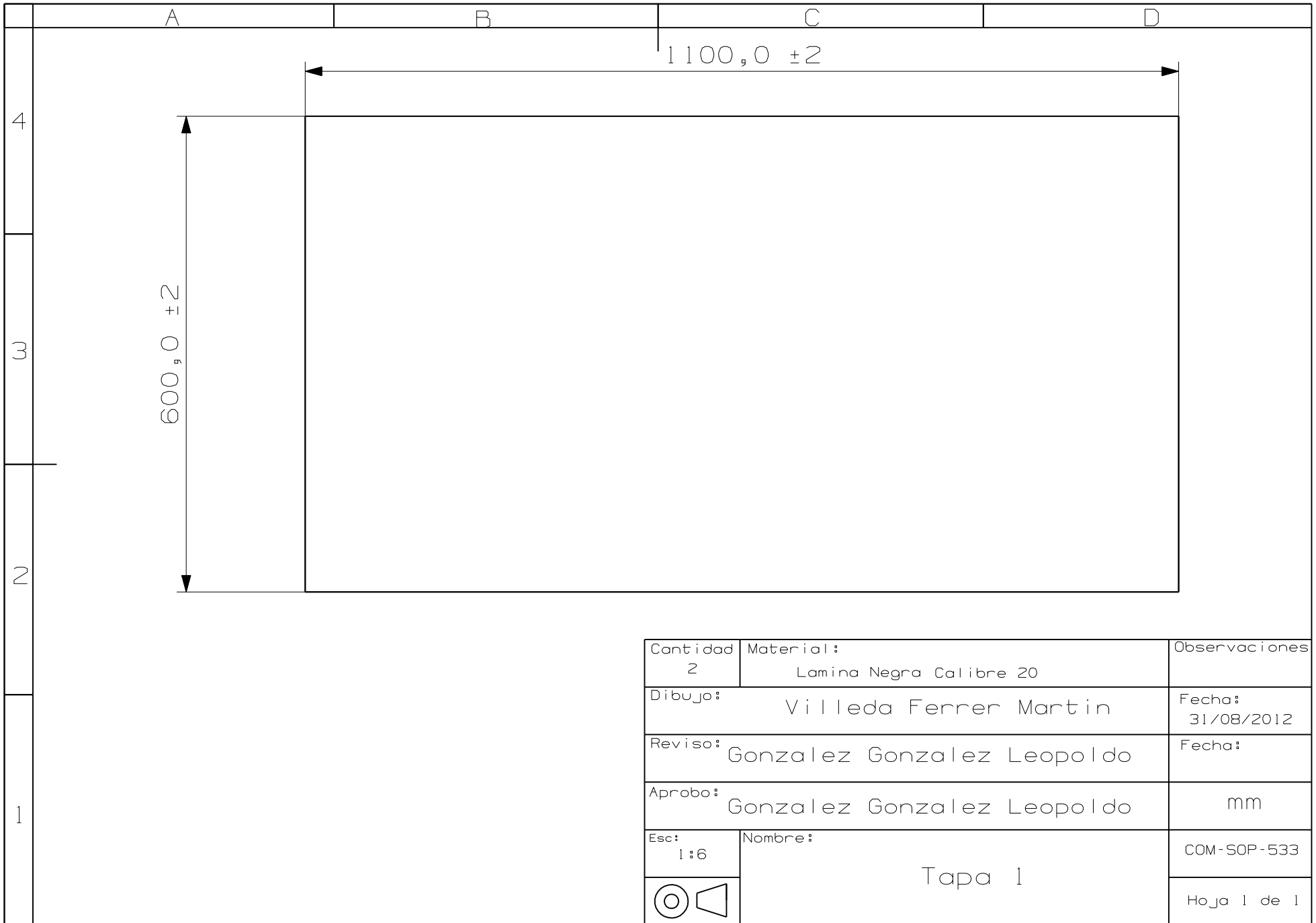
Cantidad 4	Material: Angulo de 3/16" (4.76mm) x 1" (25.4mm) Acero 1018	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 30/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:10	Nombre: Perfil	COM-SOP-529
		Hoja 1 de 1



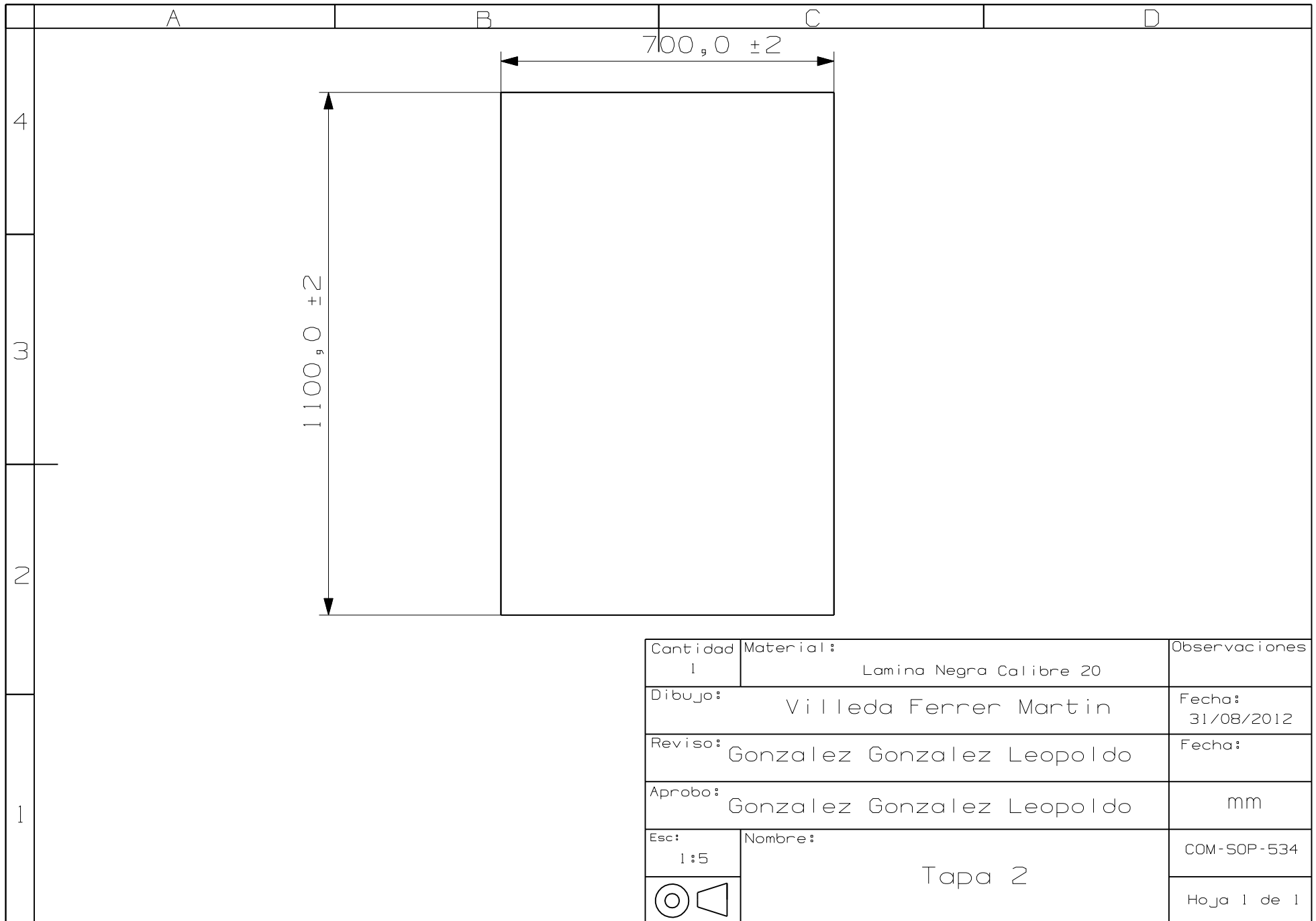




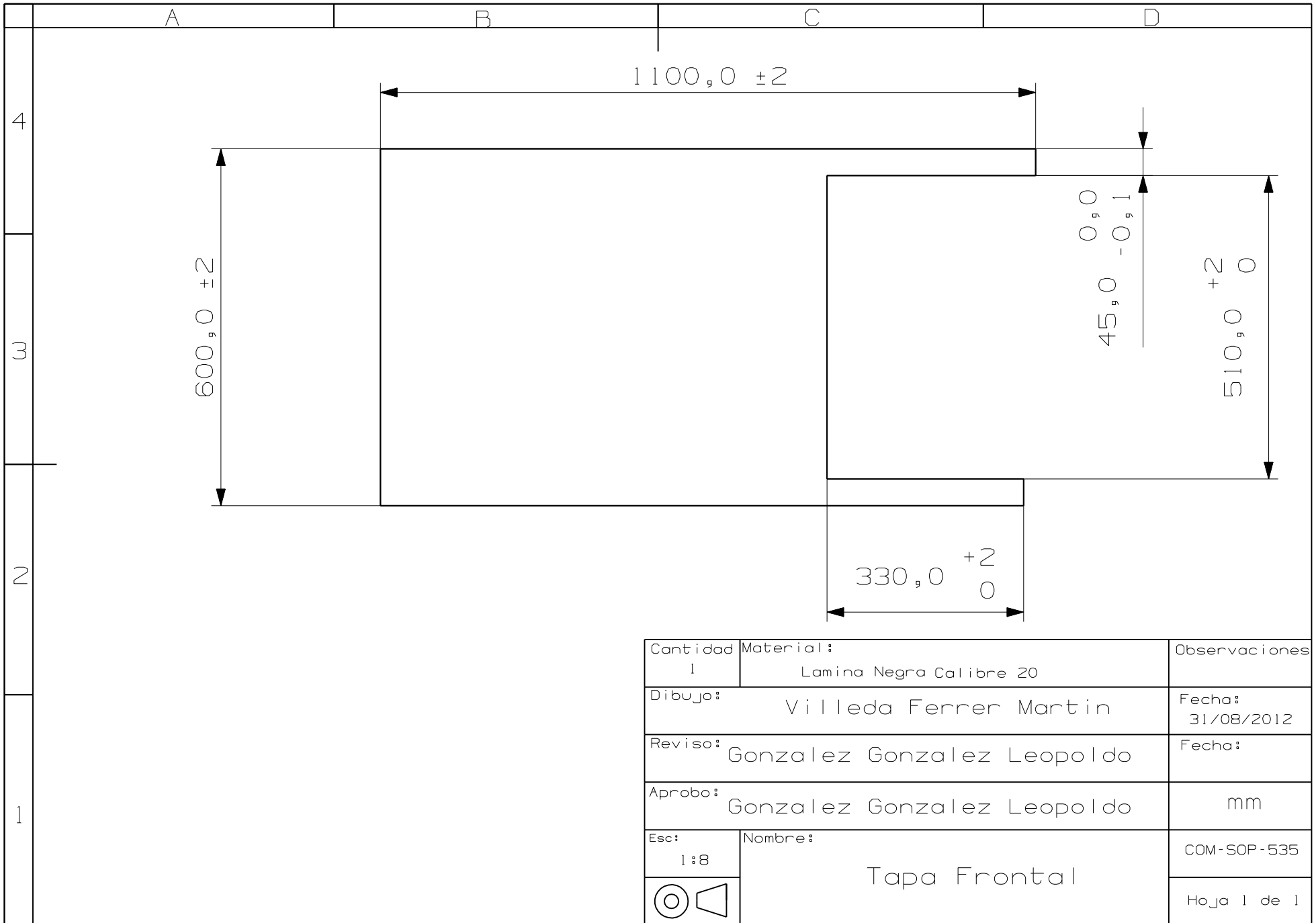
Cuatro barrenos a 1/8" (3.1mm)

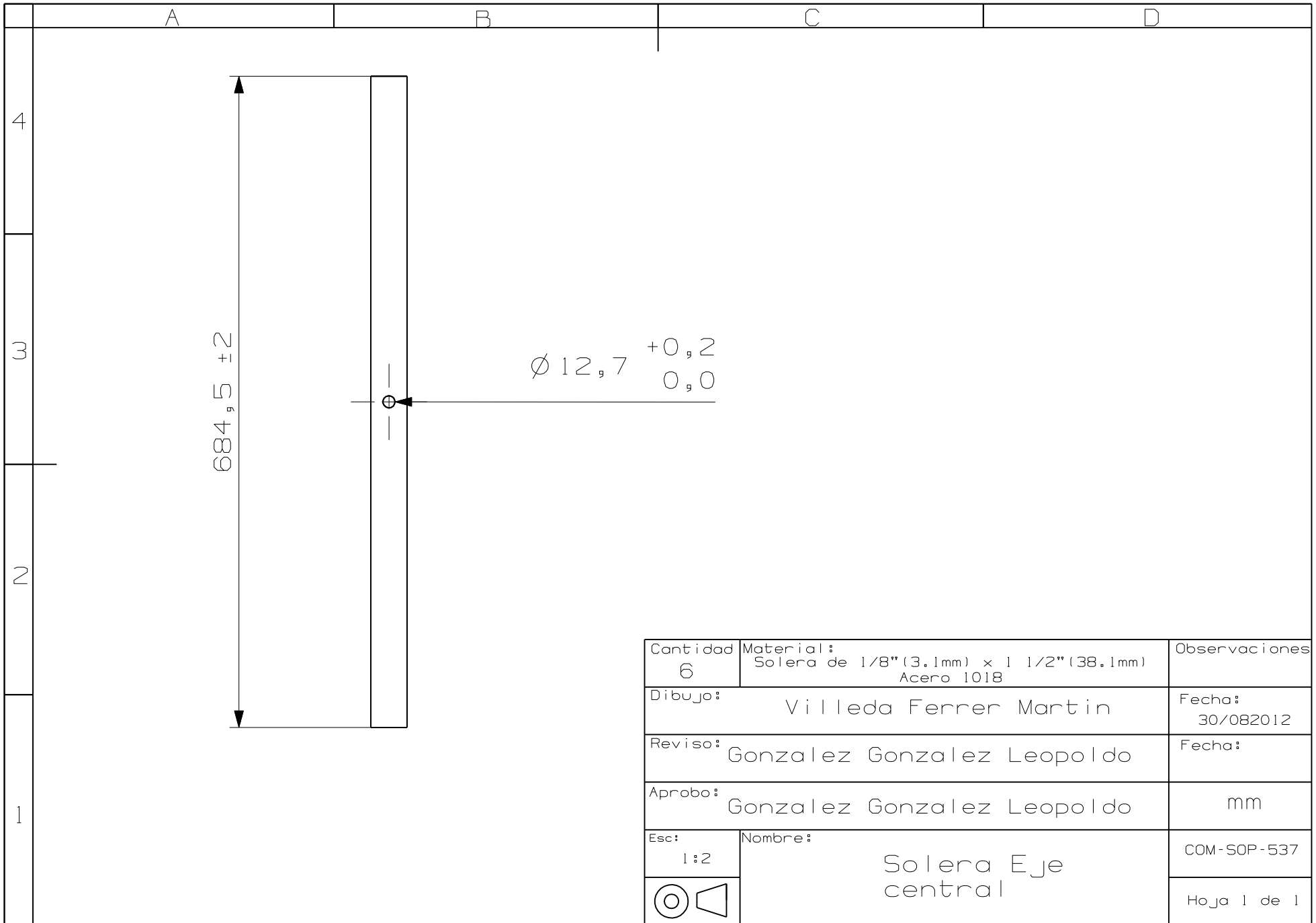


Cantidad 2	Material: Lamina Negra Calibre 20	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 31/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:6	Nombre: Tapa 1	COM-SOP-533
		Hoja 1 de 1



Cantidad 1	Material: Lamina Negra Calibre 20	Observaciones
Dibujo:	Villeda Ferrer Martin	Fecha: 31/08/2012
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	mm
Esc: 1:5	Nombre: Tapa 2	COM-SOP-534
		Hoja 1 de 1

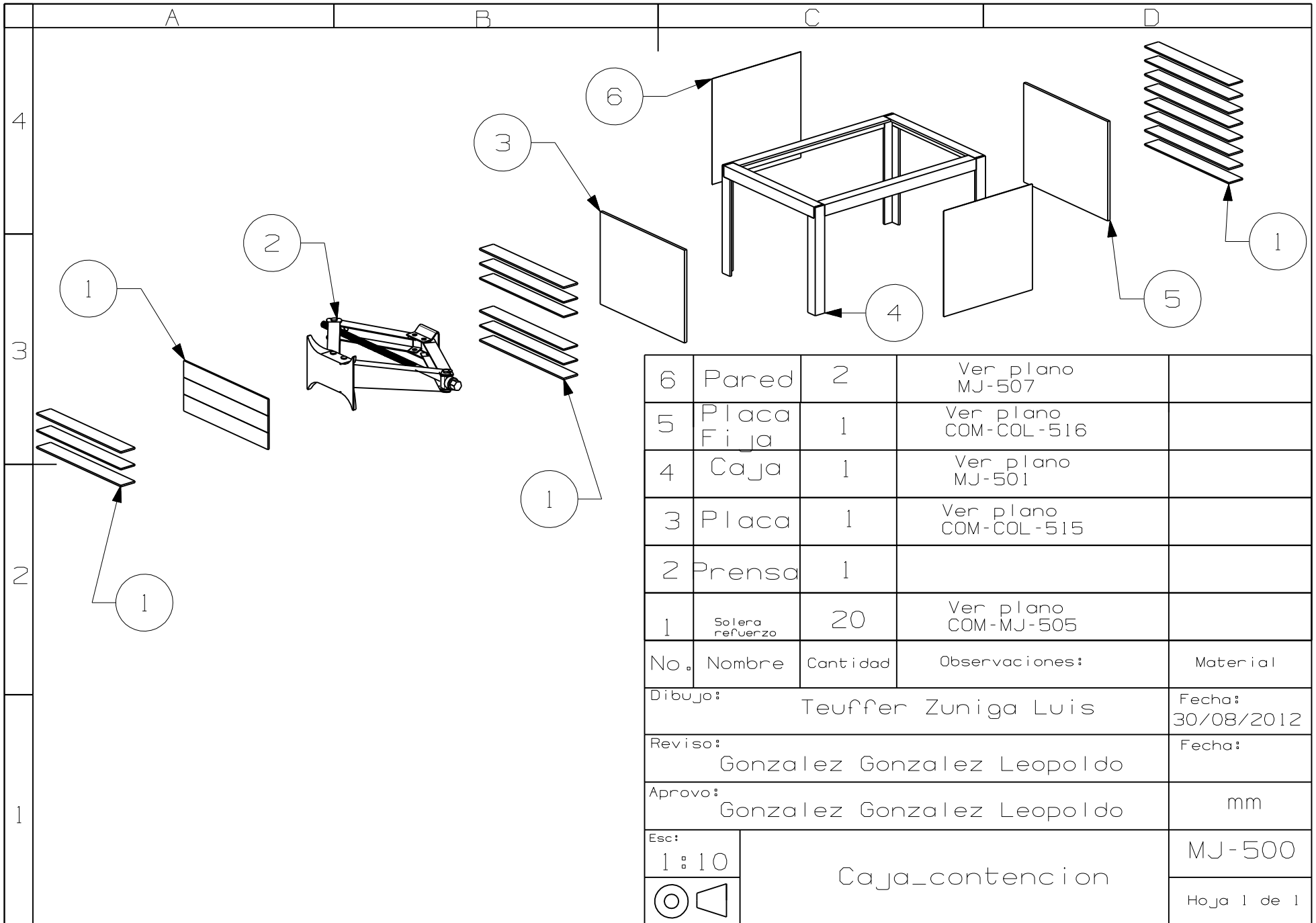


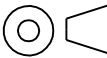


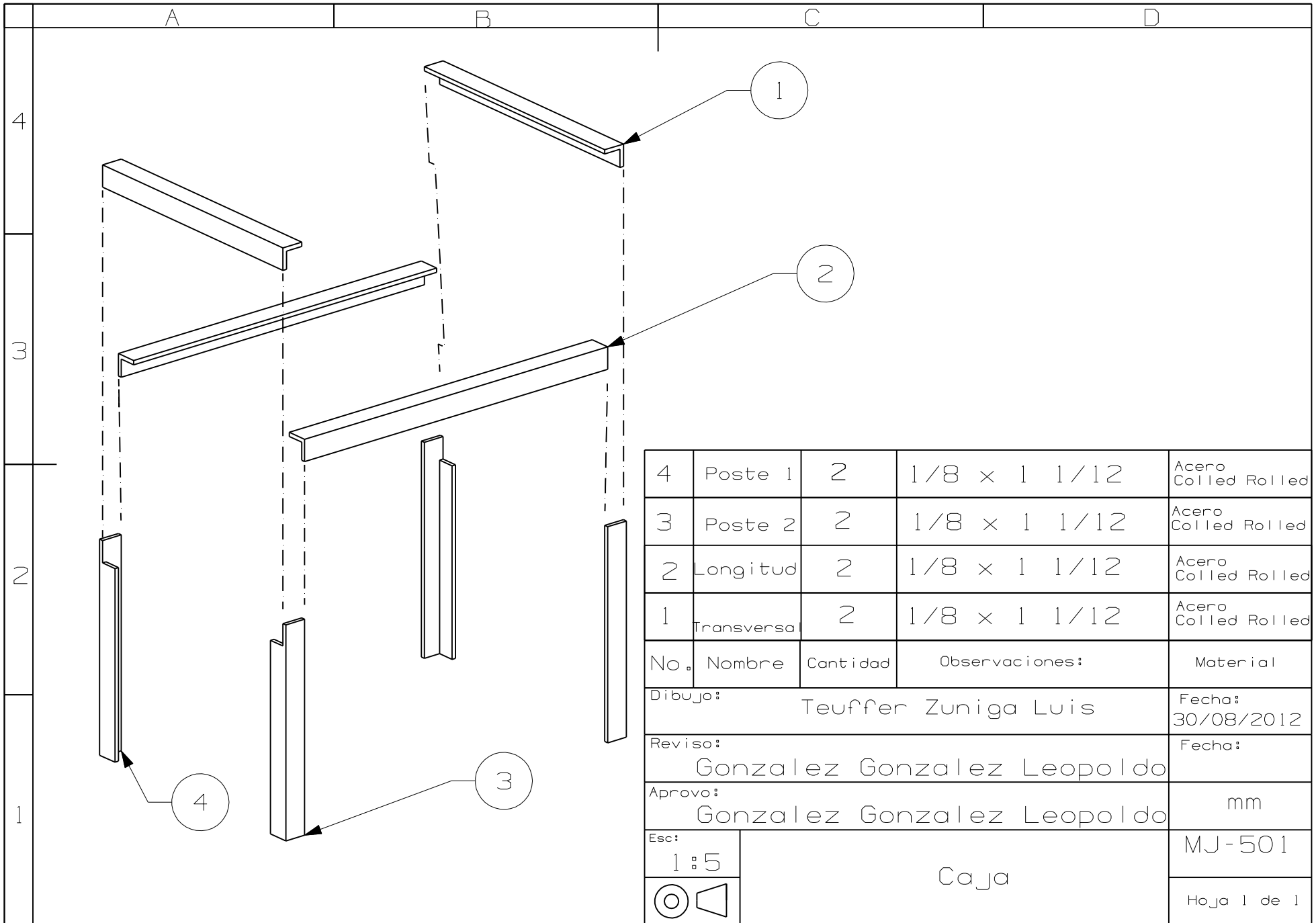
Anexo E Mejoras al Sistema Compactador

Durante la fabricación del segundo prototipo se tuvo que mejorar los refuerzos del Sistema Compactador con una caja confinada. A continuación se presenta una lista con los planos de la caja confinada:

Nomenclatura	No. de Plano	Descripción del Plano
COM-MJ	500	Explosivo de la caja confinada
COM-MJ	501	Explosivo de la estructura de la caja
COM-MJ	502	Soporte lateral de la caja
COM-MJ	503	Poste 1 de la caja
COM-MJ	504	Poste 2 de la caja
COM-MJ	505	Refuerzo de solera
COM-MJ	506	Soporte transversal
COM-MJ	507	Pared de contención

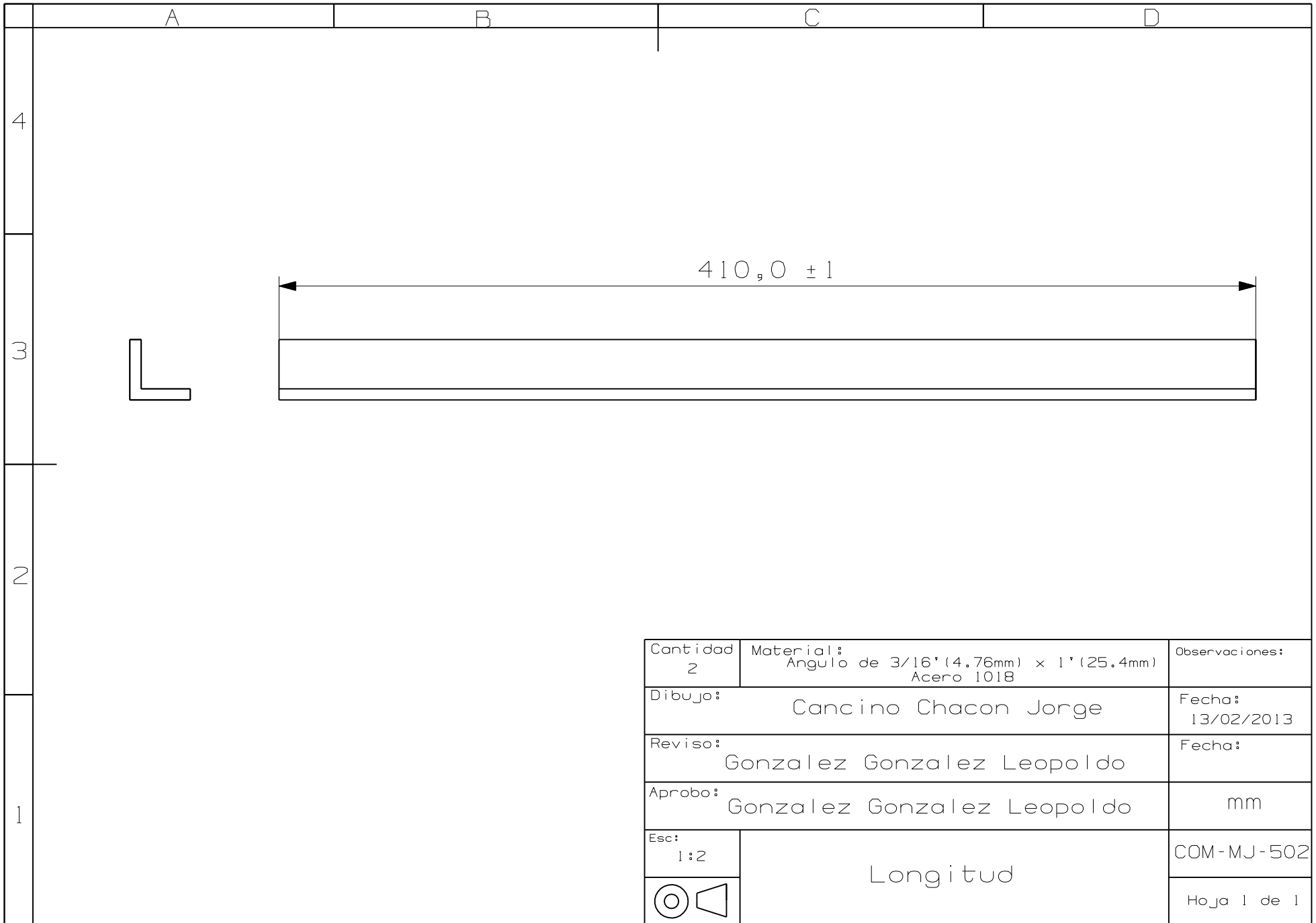


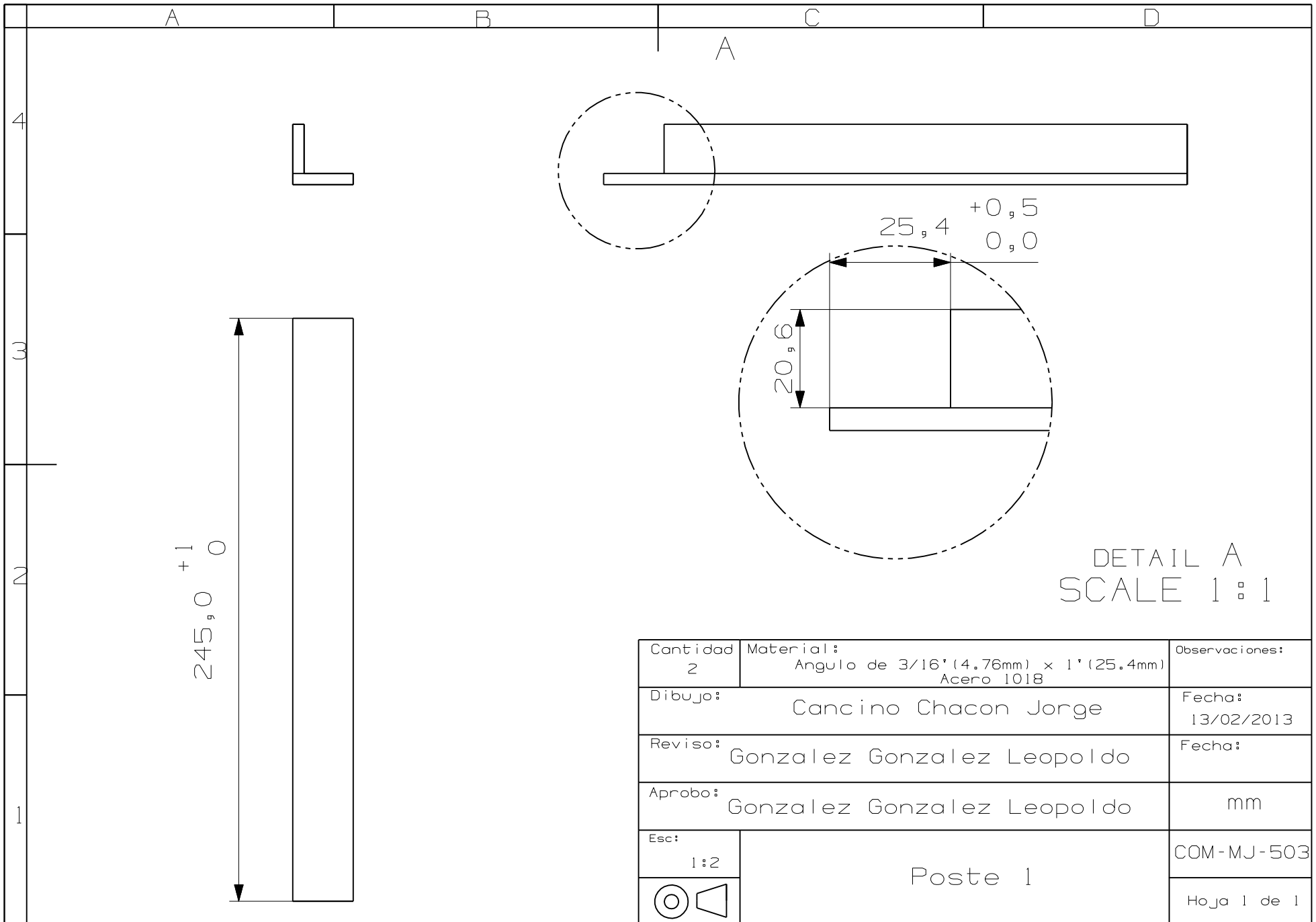
6	Pared	2	Ver plano MJ-507	
5	Placa Fija	1	Ver plano COM-COL-516	
4	Caja	1	Ver plano MJ-501	
3	Placa	1	Ver plano COM-COL-515	
2	Prensa	1		
1	Solera refuerzo	20	Ver plano COM-MJ-505	
No.	Nombre	Cantidad	Observaciones:	Material
Dibujo: Teuffer Zuniga Luis				Fecha: 30/08/2012
Reviso: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				Fecha:
Aprovo: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				mm
Esc: 1:10		Caja_contencion		MJ-500
				Hoja 1 de 1

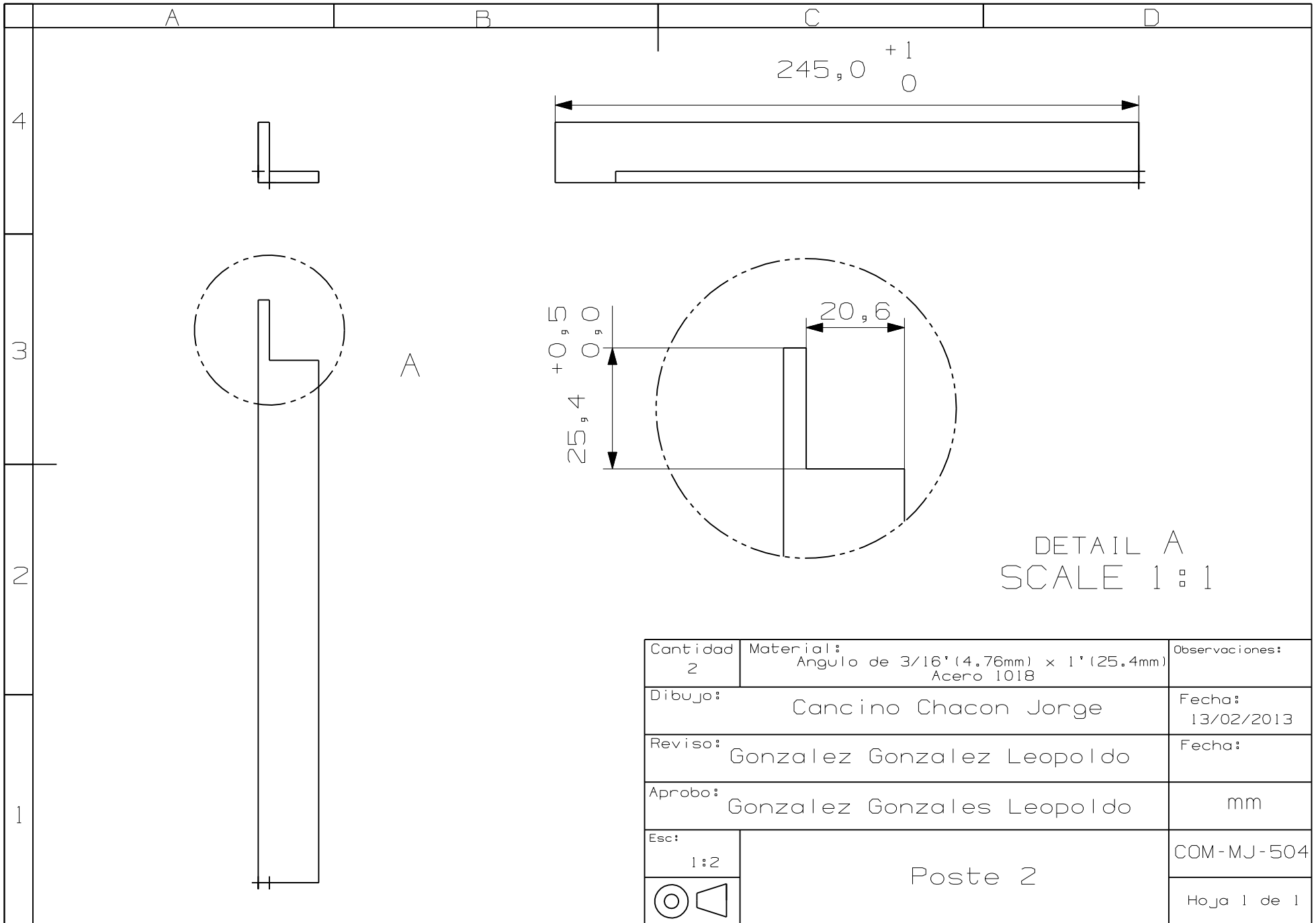


4	Poste 1	2	1/8 × 1 1/12	Acero Colled Rolled
3	Poste 2	2	1/8 × 1 1/12	Acero Colled Rolled
2	Longitud	2	1/8 × 1 1/12	Acero Colled Rolled
1	Transversa	2	1/8 × 1 1/12	Acero Colled Rolled

No.	Nombre	Cantidad	Observaciones:	Material
Dibujo: Teuffer Zuniga Luis				Fecha: 30/08/2012
Reviso: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				Fecha:
Aprovo: Gonzalez Gonzalez Leopoldo				mm
Esc: 1:5		Caja		MJ-501
				Hoja 1 de 1



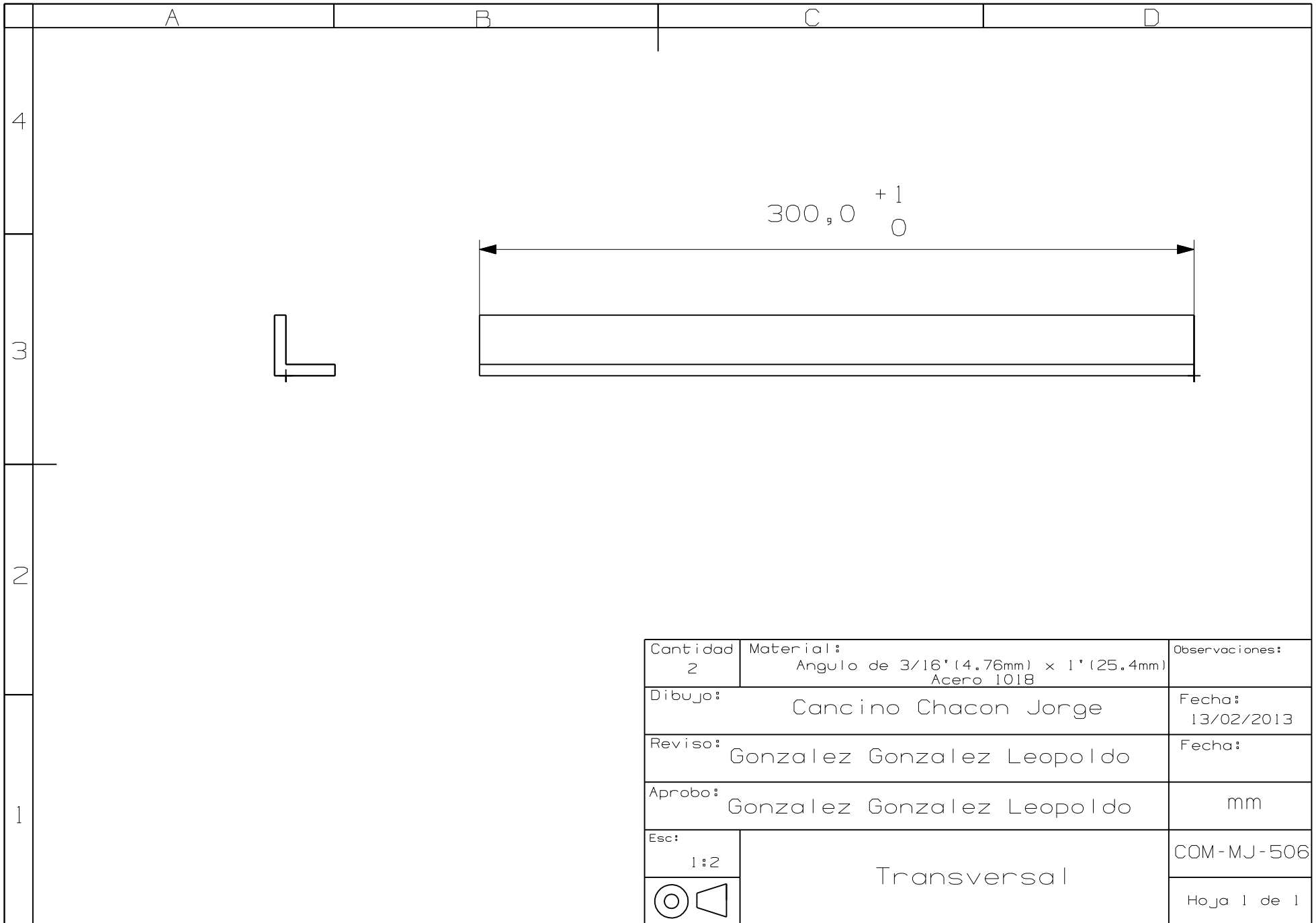


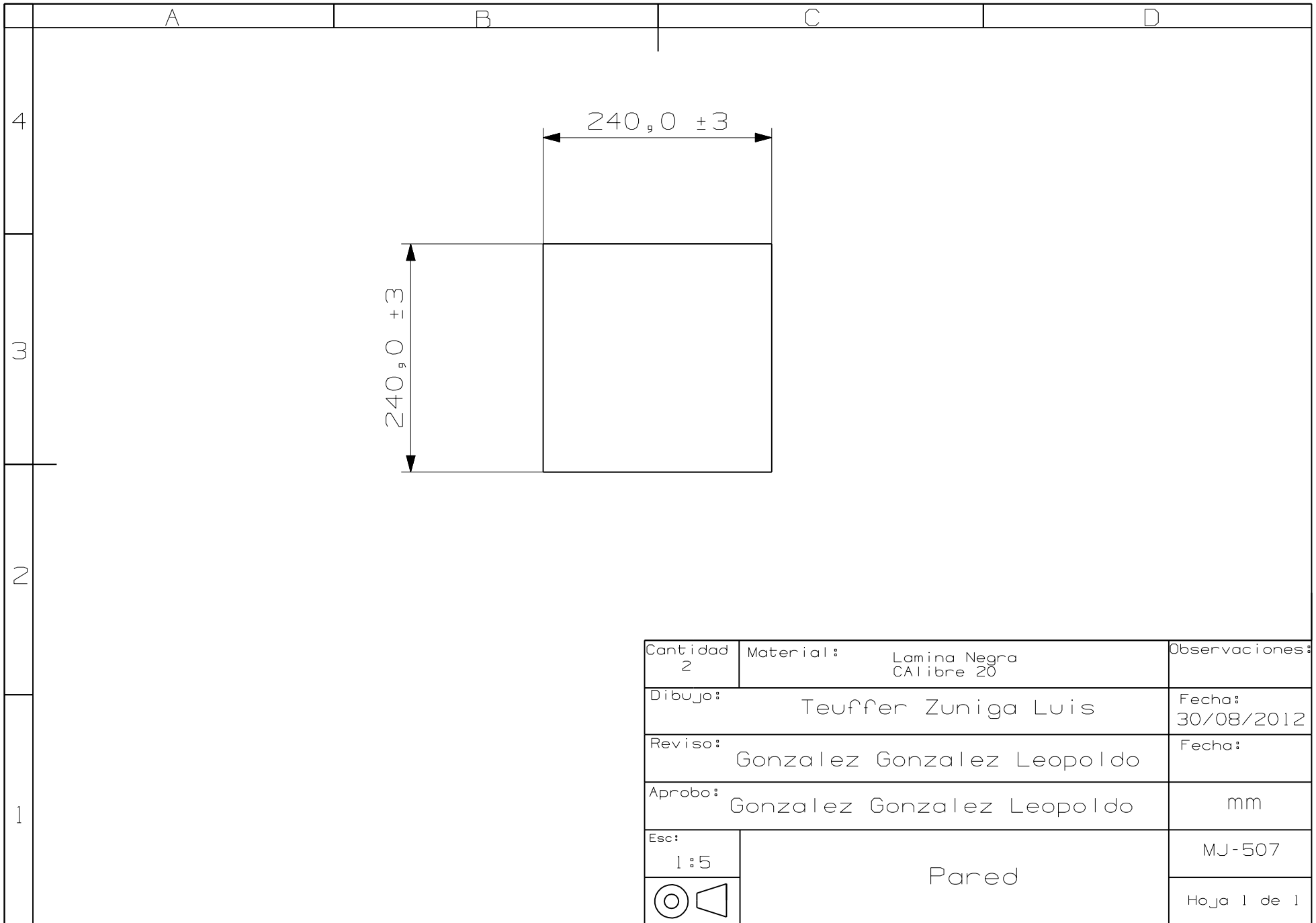


DETAIL A
SCALE 1 : 1

Cantidad 2	Material: Angulo de 3/16" (4.76mm) x 1" (25.4mm) Acero 1018	Observaciones:
Dibujo:	Cancino Chacon Jorge	Fecha: 13/02/2013
Reviso:	Gonzalez Gonzalez Leopoldo	Fecha:
Aprobo:	Gonzalez Gonzales Leopoldo	mm
Esc: 1:2	Poste 2	COM-MJ-504
		Hoja 1 de 1







Referencias

- [1] Informador (2011, 07 de Diciembre). *México está “en pañales” en reciclaje de aluminio* [Internet]. Disponible en:
<http://www.informador.com.mx/mexico/2011/342822/6/mexico-esta-en-panales-en-reciclaje-de-aluminio.htm>.
- [2] Conciencia Ambiental UAM. *Aluminio* [Internet]. Disponible en:
<http://www.concienciaambiental.com.mx>
- [3] YO QUIERO UNO DE ESOS.com. *Aplastador de latas* [Internet]. Disponible en:
<http://www.yoquierounodeesos.com/aplastador-de-latas>
- [4] Alqui.Envas. *Prensas compactadoras* [Internet]. Disponible en:
http://www.alquienvas.com/productos/16-para_latas_pequenas-788-103.html
- [5] YANKO DESIGN (2010, 25 de Octubre). *Cute Crushing* [Internet]. Disponible en:
<http://www.yankodesign.com/2010/10/25/cute-crushing>
- [6] intimus®. *Intimus 519* [Internet]. Disponible en:
http://www.intimus.eu/index.php?intimus_519_SS_es
- [7] Mil-Tek. *Prensas de latas MIL-TEK* [Internet]. Disponible en:
<http://www.miltek.com.mx/Prensa-de-latas-botes.aspx?ID=15896>
- [8] intimus®. *Intimus P529* [Internet]. Disponible en:
http://www.intimus.eu/index.php?intimus_RECYCLE-529_SA_es

- [9] TOPALMACÉN.com. *Compactadora de residuos FL80* [Internet]. Disponible en: http://topalmacen.com/producto/Compactador_Residuos_FL80
- [10] MACFAB. *Compactadoras MACFAB* [Internet]. Disponible en: http://www.esp.macfab.com/compactadoras/Prensas_Verticales.htm
- [11] iSM®. *Prensa de latas* [Internet]. Disponible en: <http://www.ismcontenedores.com/es/compactacio:Cos2/1/55>
- [12] DIETER E., George, "*Engineering Design*", 3ª edición, McGraw-Hill, E.U.A., 2000, pp. 675.
- [13] MICROCHIP Technology Incorporated, "*PIC16F882/883/884/886/887 Data Sheet. 28/40/44-Pin, Enhanced Flash-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology*", Estados Unidos, 2008.
- [14] MICROCHIP Technology Incorporated, "*PIC16C5X Data Sheet. EPROM/ROM-Based 8-bit CMOS. Microcontroller Series*", Estados Unidos, 2002.
- [15] BUDYNAS Richard G. y NISBETT J. Keith, "*Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*", McGraw-Hill, 8ª edición, México, 2008. pp. 400-405.
- [16] FAIRES V. M., "*Diseño de Elementos de Máquinas*", Montaner y Simón, Barcelona, 1970.
- [17] Lamerce. *Coefficientes de rozamiento de deslizamiento* [Internet]. Disponible en: <http://www.lamerce.com/mecanic/images/fregament.pdf>
- [18] BEER Ferdinand y JOHNSTON Rusell, "*Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática*", 8ª edición, McGraw-Hill, México, 2007.
- [19] BEER Ferdinand P., JOHNSTON E. Russell, DEWOLF John T., "*Mecánica de Materiales*", 4ª edición, McGraw-Hill, México, 2006.
- [20] MOTT Robert L., "*Diseño de elementos de máquinas*", 4ª edición, Pearson, México, 2006.
- [21] BOLTON William, "*Mecatrónica Sistemas de control electrónico en la Ingeniería Mecánica y eléctrica*", 4ª edición, Alfaomega, México, 2010.
- [22] NORTON Robert, "*Diseño de Maquinaria Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos*", 3ª edición, McGraw-Hill, México, 2008.
- [23] GONZÁLEZ Leopoldo, "*Apuntes de Ingeniería de Diseño*", Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.
- [24] BAUTISTA Yair, "*Apuntes de Sistemas Electrónicos Lineales*", Facultad de Ingeniería, UNAM, 2011.
- [25] PEÑUELAS Ulises, "*Apuntes de Circuitos Digitales*", Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.
- [26] Gestión de calidad total. *Casa de la Calidad o Función de Despliegue de la Calidad (QFD)* [Internet]. Disponible en: http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html
- [27] QDF ONLINE. *QFD template* [Internet]. Disponible en: <http://www.qfdonline.com/templates>

- [28] DIETER E. George, SCHMIDT Linda C., "*Engineering Design*", 4ª edición, McGraw-Hill, E.U.A. NY, 2009, pp. 790.

Referencias de Imágenes

- [a] Alibaba.com. *De acero inoxidable papelera/cubo de basura* [Internet]. Disponible en: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/stainless-steel-wastebasket-dustbin-314185839.html>
- [b] Decoesfera (2008, 5 de mayo). *Buenas soluciones para espacios pequeños: Sustituir nuestras puertas abatibles por correderas* [Internet]. Disponible en: <http://www.decoesfera.com/carpinteria/buenas-soluciones-para-espacios-pequenos-sustituir-nuestras-puertas-abatibles-por-correderas>
- [c] Gerardo Cortinas. *Reparación y venta de cortinas/persianas de enrollar* [Internet]. Disponible en: http://img1.mlstatic.com/reparacion-y-venta-de-cortinaspersianas-de-enrollar_MLA-O-430568105_6579.jpg
- [d] Casa Rex. *Cubo enfriabotellas acrílico Lacor* [Internet]. Disponible en: http://tienda.casarex.net/cubo-enfriabotellas-acrilico-lacor.html?utm_source=shopmania&utm_medium=cpc&utm_campaign=direct_link
- [e] Urriola, José (2008, 15 de marzo). *El Tobogán* [Internet]. Disponible en: http://4.bp.blogspot.com/_USvsXg7TvMA/R9u-TvwYbrI/AAAAAAAAANY/TNkCeYUcYF8/s1600-h/tobogan_espiral.jpg
- [f] Functionx. *Introduction to the Records of a Table* [Internet]. Disponible en: <http://www.functionx.com/access2007/design/delete1.gif>
- [g] Plancocina (2006). *TUPPERWARE* [Internet]. Disponible en: <http://www.plancocina.com/tupperware.htm>

- [h] Espíritu Racing. *Barra de refuerzo de torretas trasera MK4 SEAT IBIZA para Seat Ibiza MK4 1.8T* [Internet]. Disponible en:
http://www.espirituracing.com/index.php?manufacturers_id=41&sort=2a&page=3&osCsid=fe7c132b5d11fb9462b22a4df32d4bf7
- [i] Foro 3D (2006, 15 de Mayo). *Problema de pistón* [Internet]. Disponible en:
<http://www.foro3d.com/f23/problema-piston-o-despiston-p-36121.html>
- [j] ¡Qué barato! (2009, 17 de Agosto). *Máquinas de dulces* [Internet]. Disponible en:
http://images.quebarato.com.co/T440x/maquinas+de+dulces+bucaramanga+santander+colombia_386CA9_1.jpg
- [k] Alibaba.com. *Vidrio borosilicato solar evacuado tubo colector* [Internet]. Disponible en:
<http://spanish.alibaba.com/product-gs/borosilicate-glass-evacuated-solar-collector-tubing-455040098.html>
- [l] Warren Pipe and Supply Inc (2013). *KD Tools 3561 2 Tons 2 & 3 Jaw Reversible Gear Puller (88401)* [Internet]. Disponible en: <http://www.warrenpipe.com/hardware-store/scripts/prodView.asp?idproduct=11506>
- [m] Preciolandia. *Juego de discos de freno Iveco Daily* [Internet]. Disponible en:
<http://www.preciolandia.com/ar/juego-de-discos-de-freno-iveco-daily-74b1nl-a.html>
- [n] Miel Valle de los Pedroches. *Laminadora cera rodillo grabado, Manual* [Internet]. Disponible en:
<http://www.mieldelvalledelospedroches.com/laminadoras%20y%20estampadoras%20de%20cera.htm>
- [o] Aceros y Metales Cuautitlán S.A. de C.V. *Lámina de Hoja Lisa* [Internet]. Disponible en:
<http://www.acerosymetalescuautilan.com.mx/catalogo/lamina-en-hoja/22-lamina-en-hoja-lisa-1.html>
- [p] TodoEquipo.com. *Aplanadoras de Rodillo Brouwer* [Internet]. Disponible en:
<http://www.todoequipo.com/basic/MAQUINARIAS/listings/685/APLANADORAS-DE-RODILLO.html>
- [q] Nevem. *Nevem Industrial y Comercial LTDA* [Internet]. Disponible en:
<http://nevemcolombia.com/nosotros.html>
- [r] Rampa: La Cachava. *Rampas* [Internet]. Disponible en:
<http://www.lacachava.net/PaginaAuxiliar~x~Soluciones-de-Accesibilidad~IDPaginaAuxiliar~8.html>
- [s] INMAGRAF INGENIERIA. *Fabricación de cuchillas para la industria papelera* [Internet]. Disponible en: <http://www.inmagraf.net/productos.php>
- [t] Enlazadot. *Costalyn* [Internet]. Disponible en:
http://www.enlazadot.com/nuevo_products.asp?offset=320
- [u] Pulso. *Armadera Industriales* [Internet]. Disponible en:
<http://www.mpulso.com.mx/2008/armadera-i1.html#>

- [v] Acero habilitado S.A. de C.V. *Lámina Galvanizada* [Internet]. Disponible en:
<http://www.acerohabilitado.com/lamina-galvanizada.php>
- [w] MACFAB. *MACFAB 1100 Lt BIN PRESS* [Internet]. Disponible en:
http://www.macfab.com/waste_balers/bin_press.html
- [x] Albiz, (2013, Enero 16). *Rodillos y Flechas, Estado de México* [Internet]. Disponible en:
<http://www.mx.all.biz/rodillos-y-flechas-g40612>
- [y] Saturos13, (2010, Mayo 11). *Pistón neumático* [Internet]. Disponible en:
<http://saturos13.blogspot.es/>
- [z] KTI . *Cámaras climáticas, cámaras de vacío térmico* [Internet]. Disponible en:
<http://www.kaztechinstrument.kz/?key=items&cat=26>
- [aa] CCI (2008, Agosto 30). *Calor seco y calor húmedo – Cámaras de ensayos* [Internet]. Disponible en: <http://cci-calidad.blogspot.mx/2008/08/calor-seco-y-calor-humedo-camaras-de.html>
- [ab] Taller Virtual(2012, Abril 20). *¿Cómo puedo elevar el coche yo mismo?* [Internet]. Disponible en <http://www.tallervirtual.com/2012/04/20/como-puedo-elevar-el-coche-yo-mismo/>
- [ac] Mikels. *Gato hidráulico telescópico 12 t. C/bomba lateral* [Internet]. Disponible en:
<http://www.tiendamikels.com/catalog/es/93-gato-hidraulico-telescopico-12-t-c-bomba-lateral.html>
- [ad] Direct INDUSTRY. *Cremallera y Piñón* [Internet]. Disponible en:
<http://www.directindustry.com/prod/redex/rack-and-pinion-drives-8191-404260.html>
- [ae] Nautic Expo. *Trituradoras de Residuos* [Internet]. Disponible en:
<http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/trituradora-residuos-20304.html>
- [af] Zigbee labs(2010, Julio 20). *Actuadores lineales con solenoide* [Internet]. Disponible en:
<http://www.zigbe.net/archivos/404>
- [ag] Direct INDUSTRY. *Cilindro de doble efecto hidráulico* [Internet]. Disponible en:
<http://www.directindustry.com/prod/glual-hidraulica/double-acting-hydraulic-cylinders-14055-26836.html>
- [ah] Fundidora Arenas. *Política de Calidad* [Internet]. Disponible en:
<http://www.zigbe.net/archivos/404>
- [ai] Ekkon. *Morsa para taladro de banco 3"* [Internet]. Disponible en:
<http://www.ekkon.com.ar/herramientas-manuales/1312-morsa-de-banco-fija-n-3-cod-hmh-0032-ekkon-expertos.html>
- [aj] Jennis-plasticos-tecno1011. *Técnicas de conformación de los plásticos* [Internet]. Disponible en: <http://jennis-plasticos-tecno1011.wikispaces.com/4.-+T%C3%A9cnicas+de+conformaci%C3%B3n+de+los+pl%C3%A1sticos.>
- [ak] Speco inc. *Rodillo Dentado e Insertos para Despellejar* [Internet]. Disponible en:
<http://speco.com/esp/skinner-tooth.html>

- [al] Medina, Roberto. *Telas con destino a la Habana* [Internet]. Disponible en: <http://elhuevocojo.com/?p=1619>
- [am] Corredera, Antonio (2012, 5 de Noviembre). *Vasijas emocionales* [Internet]. Disponible en: <http://crecimientopositivo.es/blog/?p=25>
- [an] Trotti, Ricardo (1998). *Labyrinths of Impunity 6* [Internet]. Disponible en: <http://www.ricardotrotti.com/?i&id=797>
- [ao] Empacketa. *Cajas de cartón* [Internet]. Disponible en: <http://www.empacketa.com/productos/cajas-carton/monterrey/index.cfm>
- [ap] Blog de farmacia. *El Tupper como aliado para perder peso* [Internet]. Disponible en: <http://blogdefarmacia.com/el-tupper-como-aliado-para-perder-de-peso/>
- [aq] Arcomex. *Contenedores Económicos* [Internet]. Disponible en: <http://www.arcomex.org/productos-CE2.html>
- [ar] Vida ecológica. *Bolsas de plástico* [Internet]. Disponible en: <http://www.vidaecologica.info/bolsas-de-plastico/>
- [as] Frbis. *Buena calidad fina de paredes de acero inoxidable tubos accesorios para calefacción* [Internet]. Disponible en <http://spanish.polyethylenewaterpipe.com/china-good-quality-thin-walled-stainless-steel-pipes-fittings-for-heating-system-189575.html>
- [at] INDUSTRIAS INREVI. *Láminas y tubos* [Internet]. Disponible en: <http://www.industriasinrevi.com/Laminas.php>
- [au] Preciolandia. *Cortina Madera Vertical* [Internet]. Disponible en: <http://www.preciolandia.com/ar/cortina-madera-vertical-sunset-7cwhp5-a.html>
- [av] Engormix.com. *Poleas* [Internet]. Disponible en: http://www.engormix.com/evolucion-tecnologica-agropecuaria/poleas-sh11802_pr22043.htm
- [aw] Dinámica. *Correa dentada caucho* [Internet]. Disponible en: <http://www.dinamica.net/es/productos/transmision-de-potencia/transmision-industrial-polea-correa/correa-dentada-caucho>
- [ax] Acevedo, Mariana (2012, 7 de Agosto). *Engranajes* [Internet]. Disponible en: http://laverdaderamitologia.blogspot.mx/2010/08/engranajes_07.html
- [ay] Mecatrónica. *Tornillos de potencia* [Internet]. Disponible en: <http://diatronik.blogspot.mx/p/tornillos-de-potencia-son-que-cambian.html>
- [az] Urbaneja, Adrián (2010, 3 de Agosto). *Mecanismo de retorno rápido de Withworth* [Internet]. Disponible en: <http://mecanismoenmarchaudista.blogspot.mx/2010/08/mecanismo-de-retorno-rapido-de-witworth.html>
- [ba] Compresores HR. *Modelo I-18114-H* [Internet]. Disponible en: http://compresoreshr.mex.tl/photo_4309_Modelo-I-18114-H-.html

- [bb] MiAviso (2013, Abril 3). *Mantenimientos hidrosal soluciones técnicas* [Internet]. Disponible en: <http://miaviso.pe/Servicios/Construcci%C3%B3n/mantenimientos-hidrosal-soluciones-tecnicas-3520.htm#!prettyPhoto>
- [bc] MaMMoTH. *Pedalite KPL 200* [Intenet]. Disponible en: <http://www.mammoth.es/producto/mtb-plataforma/pedalite/pedalite-kpl-200>
- [bd] Direct INDUSTRY. *Manivela* [Internet]. Disponible en: <http://www.directindustry.com/prod/jergens-acme/crank-handles-7113-473210.html>
- [be] Avantiplus (2012). *Cadena 10sp* [Internet]. Disponible en: <http://www.avantiplus.co.nz/products/shc10n822/title/shimano-dura-ace-7900-10sp-chain>
- [bf] Motor Maq SRL. *Servomotor y motor paso a paso* [Internet]. Disponible en: <http://www.motormaq.com.ar/productos/servomotor-y-motor-paso-a-paso&id=13>
- [bg] Carrod electrónica. *Engranaje* [Internet]. Disponible en: http://www.carrodelectronica.com/store/index.php?_a=viewCat&catId=448
- [bh] Invert-china (2009, Abril 16). *Diferencia entre el motor de corriente alterna y motor de corriente continua* [Internet]. Disponible en: <http://www.inverter-china.com/blog-es/articulos/ac-motor/difference-between-ac-motor-and-dc-motor.html>
- [bi] BricoGeek. *Servomotor digital de alta potencia* [Internet]. Disponible en: <http://www.bricogeek.com/shop/121-servomotor-digital-de-alta-potencia-hd-9150mg.html>
- [bj] Mezcladora Micrón S.A. de C.V. *Mezcladoras Horizontales* [Internet]. Disponible en: <http://molinosmicron.com/mezcladorashor.html>
- [bk] PRIME. (2008). *Refacciones ()* [Internet]. Disponible en: <http://www.prime.com.mx/refacciones.html>
- [bl] B.Zierenberg. (2005). *Curso láminastubos y perfiles (Primera edición)* [Internet]. Disponible en: <http://www.nzdl.org/gsdldmod?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-0l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00-0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL2.7&d=HASH01e339ab3514bacd05f784f2.1>
- [bm] CEJAROSU. (2005). *Sistema de Levas* [Internet]. Disponible en: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_levas.htm
- [bn] Microcubo. *Vibrador iPhone 4* [Internet]. Disponible en: <http://www.microcubo.com/categorias/93-iphone-4-repuestos.html>
- [bo] SDPC. (2008). *Cilindro neumático* [Internet]. Disponible en: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/iso6431-pneumatic-cylinder-51213951.html>
- [bp] Air Jet. *Válvulas Rotativas* [Internet]. Disponible en: http://www.airjet.es/p_valvulas_rotativas.htm

- [bq] Consejo Superior de Investigaciones Científicas. *Museo Virtual de la Ciencia* [Internet]. Disponible en: <http://museovirtual.csic.es/salas/magnetismo/mag7.htm>
- [br] Asghard (2010,Septiembre,14). *Molino de Agua* [Internet]. Disponible en: <http://javimartinfo.blogspot.mx/2010/09/molino-de-agua.html>
- [bs] Microsoft Corporation. (2000). Encarta: *Fuerza Centrifuga* [Internet]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/cualidades-fisicas-basicas_5.html
- [bt] Popscreen. (2013). *Tornillo Sinfín para mesa de carpinteros* [Internet]. Disponible en: <http://www.popscreen.com/p/MTQ2NTA0ODQ5/TORNILLO-SIN-FIN-PARA-MESA-DE-CARPINTERO-NUEVO-9966718-eBay->
- [bu] Pulido, Antonio. (2013,Enero). *La Palanca* [Internet]. Disponible en: <http://aprendemostecnologia.org/2013/01/11/la-palanca/>
- [bv] All-BIZ Ltd.. (2011,Octubre,20). *Banda Transportadora, Quinta Normal* [Internet]. Disponible en: <http://www.cl.all.biz/banda-transportadora-g23589>
- [bw] Acambiode, S.L.. (2008). *Compuertas Deslizantes* [Internet]. Disponible en: http://mexico.acambiode.com/producto/fotos_compuertas-deslizantes_59724
- [bx] Alcalá, Esmeralda. (2009,Septiembre,09). *La Polea, la rueda y la palanca* [Internet]. Disponible en: <http://esmeraldaalcala.blogspot.mx/2009/09/la-polea-la-rueda-y-la-palanca-polea.html>
- [by] Can Stock Photo INC. (2013, 02 de Abril). *Stock de Ilustraciones –revólver, Cilindro, con, Uno, bala* [Internet]. Disponible en: <http://www.canstockphoto.es/rev%C3%B3lver-cilindro-con-uno-bala-3881740.html>
- [bz] Guerrero, Guillermo. (2010,Noviembre,01). *¡Hoyos! ¡hoyos!* [Internet]. Disponible en: <http://www.idosdelamente.com/2010/11/hoyos-hoyos.html>
- [ca] LOAL. (2010). *Rampas Niveladoras de Anden* [Internet]. Disponible en: <http://www.grupoloal.com.mx/productos.html>
- [cb] Álvarez, Edith. (2010,Mayo,26). *Plano Inclinado...* [Internet]. Disponible en: <http://edithfisika.blogspot.mx/2010/05/plano-inclinado.html>
- [cc] Adrián. (2007,Junio,27). *Hasta donde llegan las garras de la manipulación* [Internet]. Disponible en: <http://zaragozaciudad.net/sargantana/2007/062701-hasta-donde-llegan-las-garras-de-la-manipulacion....php>
- [cd] CEDINOR. (2008). *Ductos TDCs* [Internet]. Disponible en: <http://www.cedinor.com.mx/es/ductos/tdc.html>
- [ce] Comercio Digital. (2008). *Barras Paralelas* [Internet]. Disponible en: <http://www.solostocks.com.co/venta-productos/salud-medicina-belleza/equipo-medico/barras-paralelas-385760>
- [cf] All-Biz Ltd. (2010,Enero,16). *Rodillos y Flechas, Estado de México* [Internet]. Disponible en: <http://www.mx.all.biz/rodillos-y-flechas-g40612>

- [cg] Coontigo. (2012,Febrero,24). ¿Ytu,quieres ser el hombre embudo? [Internet]. Disponible en: <http://asociadoscontigo.wordpress.com/2012/02/24/y-tu-quieres-ser-hombre-embudo/>
- [ch] Direct Industry. *Cepillos de Copa* [Internet]. Disponible en: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/cepillo-copa-73797.html>
- [ci] ROBODACTA. (20011). *Motorreductor 37D 131:1* [Internet]. Disponible en: http://www.robodacta.mx/index.php?dispatch=products.view&product_id=30013
- [cj] OpenCNCMexico. (2013). *Motores Pasos y Servo* [Internet]. Disponible en: http://www.opencncmexico.com/index.php?main_page=index&cPath=57
- [ck] Creative Commons Share-Alike, Escuelapedia. (2013). *Ciclo del Agua* [Internet]. Disponible en: <http://www.prime.com.mx/refacciones.html>
- [cl] Marcela (2011,Mayo,07).Engranajes [Internet]. Disponible en: <http://edutec-marcela.blogspot.mx/2011/05/engranajes.html>
- [cm]McLain, Daniel J. (2004,Septiembre,25). *FA-18F vapor over wings 1* [Internet]. Disponible: en http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FA-18F_vapor_over_wings_1.jpg
- [cn] Definición ABC (2007-20012). *Definición de Energía Solar* [Internet]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-solar.php>
- [co] Maldonado, Diego (2010,Julio,14). *Reducir el Riesgo de la rotura de cadena* [Internet]. Disponible en: <http://www.exactblog.com.ar/post-74-reducir-el-riesgo-de-la-rotura-de-cadena>
- [cp] Carnews. (2011). *Le quedan muchos años al motor de combustión* [Internet]. Disponible en: <http://www.carnews.com.mx/?p=12548>
- [cq] Wordpress. (2008). *¿Qué es el motor de hidrógeno?* [Internet]. Disponible en: <http://www.motordehidrogeno.net/que-es-el-motor-de-hidrogeno>
- [cr] Carlos. (2010,Julio,20). *Actuadores Lineales con solenoide.* [Internet]. Disponible en: <http://www.zigbe.net/archivos/404>
- [cs] Ningbo.electric motor Manufactured. (2008). *Single three-phase ac asynchronous electric motors* [Internet]. Disponible: http://www.cprmotor.com/single_three_phase_ac_asynchronous_electric_motors_imb34.htm