

18
203



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO MECANICO Y FABRICACION DE
UNA ANTENA PARABOLICA
TIPO OFSETT

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

EN EL AREA MECANICA

P R E S E N T A N :

GERARDO BERNABE ARANA AGUILERA

GUSTAVO VALERIANO BARRIENTOS



DIRECTOR DE TESIS: M. EN I. VICENTE BORJA RAMIREZ

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE CRICEN

1994



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 está 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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, sus cuidados en mi infancia, su apoyo en mi juventud y todas esas cosas de valor incalculable que me han brindado.

De igual manera agradezco a mis hermanos, sus esposas e hijos, que para impulsarme, redoblaron esfuerzos.

Singularmente quiero agradecer al Sr. Oscar Villegas Trejo, porque sus consejos y apoyo hicieron posibles mis objetivos.

Mi reconocimiento a los parientes y amigos que de una u otra manera contribuyeron a este logro.

Un grato reconocimiento a mis y amigos Eugenio Loera, Bernardino Porras y Gerardo B. Arana, hago extensivo este reconocimiento a la familia Castro Huerta y a la familia Arana Aguilera.

GUSTAVO

Quiero agradecer, a todas las personas
y amigos que han intervenido en mi
formación, y sobre todo, a mis PADRES
que me han dado la oportunidad de
estudiar. Los quiero.

GERARDO

RECONOCIMIENTOS

Al personal del Centro de Diseño y Manufactura, por su amistad y apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo, en forma especial.

M.I. Vicente Borja Ramírez

Ing. Adrián Espinoza Bautista

M.I. Leopoldo A. González González

Ing. Alberto Vargas Soto

Ing. Alberto Camacho Sánchez

Ing. Jesús Manuel Dorador

A la FACULTAD DE INGENIERIA.

INDICE

Pág.

ANTECEDENTES.....	1
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD	
Planteamiento de la necesidad.....	7
CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	
Objetivo del proyecto.....	9
Alcances del proyecto.....	9
Especificaciones.....	9
CAPÍTULO 3 DISEÑO CONCEPTUAL	
Descripción de funciones.....	13
CAPÍTULO 4 DISEÑO PRELIMINAR	
Sistema reflector.....	15
Sistema de apoyo.....	17
Tipo de sujeción.....	18
Sistema focal.....	19
Sistema de orientación.....	19
Sistema de sustentación.....	20
CAPÍTULO 5 DISEÑO DE DETALLE	
Introducción.....	22
Sistema reflector.....	23
Sistema de apoyo.....	26
Sistema focal.....	29
Sistema de orientación.....	31
Sistema de sustentación.....	36
CAPITULO 6 FABRICACIÓN Y ENSAMBLE	
Introducción.....	42
Generación de opciones para el conformado de los gajos....	43
Análisis de opciones sobre procesos de conformado.....	43
Conclusiones.....	45
Configuración del método híbrido para conformar los gajos.	45
Molde macho.....	45
Molde Hembra.....	47
Uso de roladora.....	49
Sistema de medición.....	50
RESULTADOS.....	51
CONCLUSIONES.....	52
OBRA CONSULTADA.....	54
ANEXO I (FOTOS DE FABRICACIÓN).....	56
ANEXO II (DIBUJOS Y LISTA DE COMPONENTES).....	60

I ANTECEDENTES

Los aparatos de comunicación óptica, utilizan el espectro electromagnético fuera de la región visible, para transmitir y recibir mensajes, esto se logra aprovechando las ondas electromagnéticas de radio.

La antena de radio es un componente esencial en un sistema de comunicación y ha sido el instrumento que vincula las ondas de radio con las necesidades humanas.

El Webster's Dictionary define antena como, "un aparato metálico que radia o recibe ondas de radio", y de acuerdo con The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) una antena "es un medio para radiar o recibir ondas de radio". En otras palabras, la antena es un elemento de transición entre el espacio libre y un aparato guía o línea de transmisión, el cual es un cable coaxial usado para transportar la energía electromagnética de la fuente de transmisión a la antena y viceversa. Además de recibir o transmitir energía, una antena es generalmente utilizada para optimizar o concentrar la energía de radio en algunas direcciones o suprimirla

en otras.

Actualmente existe una gran variedad de antenas con diversas aplicaciones. Una antena muy común es la de alambre o dipolar, la cual tiene gran aplicación en televisión, automóviles, edificios, barcos y aviones. Dentro de este grupo de antenas se encuentran formas diversas (figura 1) tales como alambre recto (dipolar), vuelta circular o cuadrada y de hélice.

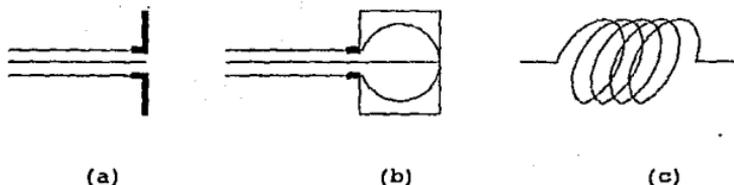


Figura (1).- Tipos de antena: (a) Dipolar, (b) Circular o cuadrada y (c) Hélice.

Las antenas han aumentado sensiblemente su eficiencia gracias a los alimentadores de los cuales existen diversas formas (figura 2). Este dispositivo orienta hacia la antena las señales que se proyectan sobre el reflector.

Al igual que los alimentadores, los reflectores aumentan la eficiencia de las antenas. Dentro del grupo de reflectores, el más usual es el parabólico en sus diversas variantes (figura 3), sin embargo existen otros tipos, para funciones específicas. El uso del

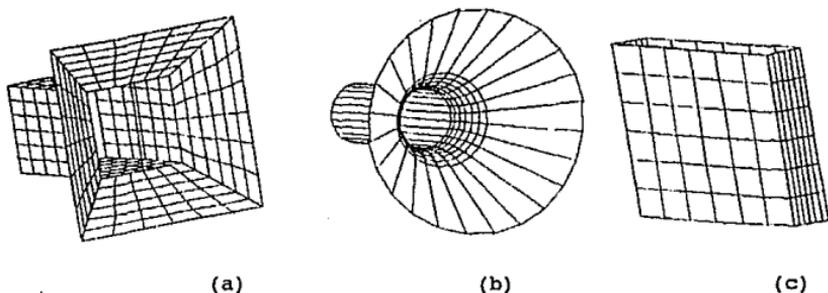
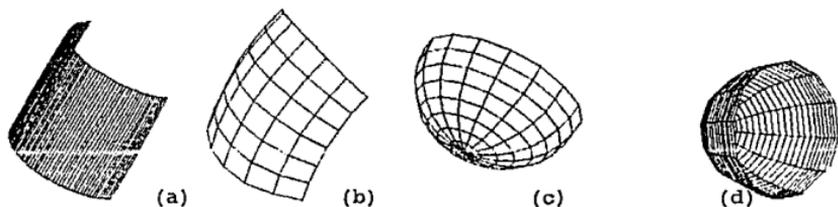


Figura (2).- Tipos de alimentadores: (a) Alimentador prismático, (b) Alimentador cónico y (c) Alimentador plano

reflector es frecuente en naves espaciales, marítimas, aeronáuticas o en estaciones terrenas y juegan un papel muy importante en las



Figura(3).- Geometría básica de algunos reflectores de uso común: (a) Cilindro parabólico, (b) Paraboloido toroidal, (c) Reflector esférico, (d) Reflector parabólico recto.

investigaciones espaciales y astronómicas ya que tienen capacidad de transmitir y recibir datos que viajan grandes distancias.

Un reflector parabólico refleja la señal que llega a él y la concentra en un punto común llamado foco (modo de recepción);

asimismo, si la señal proviene del foco, la refleja y la concentra en un haz de radiación (modo de transmisión), como se muestra en la figura 4.

Las propiedades direccionales de una antena con reflector son muy importantes, y se estiman por su ganancia, la cual se define como la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección. El valor de la ganancia depende de varios factores, entre ellos el diámetro del reflector, su

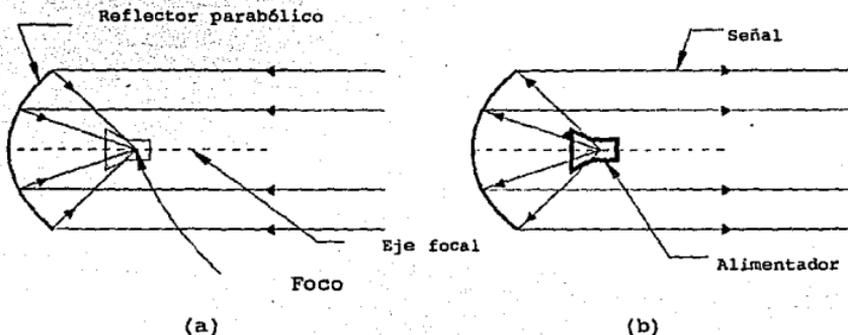


Figura 4.- Operación de un reflector parabólico: a) Recepción y b) Transmisión.

concurrida, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con que es iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo.

Resumiendo lo anterior, podemos considerar la ganancia como un factor de mérito que aumenta la radiación y eficiencia del sistema

la cual depende de tres factores:

- a) La frecuencia de operación.
- b) El diámetro del reflector.
- c) Tipo y posición del alimentador.

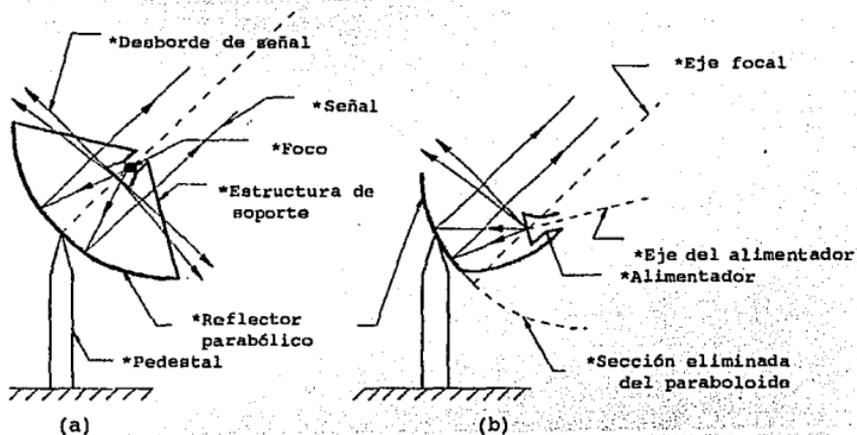


Figura 5.- Tipos de reflector: a) Reflector parabólico con alimentación frontal, b) Reflector parabólico con alimentación descentrada (tipo offset).

II INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta la metodología utilizada para el diseño mecánico y construcción de una antena tipo offset.

Basados en el método de diseño se realizaron las actividades que transcurren entre el reconocimiento del problema y la especificación de una solución. A continuación se muestra la secuencia del método de diseño, mismo que define la cronología de los capítulos que conforman este trabajo.

- Planteamiento de la necesidad
- Análisis del problema
- Diseño conceptual
- Diseño preliminar
- Diseño de detalle
- Fabricación y ensamble
- Conclusiones

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD

El Instituto de Astronomía (IA) Campus Distrito Federal, lleva a cabo investigaciones espaciales junto con el Observatorio Nacional de San Pedro Mártir (SPM), Baja California; ambas dependencias de la UNAM. Actualmente la comunicación entre ambos centros de investigación se realiza vía telefónica, fax y correspondencia, sin embargo, la naturaleza de las actividades exigen formas de comunicación más eficientes.

Por lo anterior, el IA en coordinación con la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI) de la Universidad Nacional, definieron un sistema de comunicación directo y permanente vía satélite. El sistema contiene, entre otros elementos, una antena con reflector parabólico tipo offset (para banda KU). Este tipo de antena es de uso específico no comercial y por sus características se importa a costos muy elevados.

Por esta razón, surge la propuesta de diseñarla y construirla en el país, preferentemente en la Universidad.

Es así como se da lugar a la participación del Centro de Diseño y Manufactura (CDM), dependencia de la Facultad de Ingeniería, en el proyecto "Diseño y Construcción de una Estación Terrena para Observaciones Remotas en el Observatorio de SPM". El CDM participó en el diseño mecánico y construcción de la antena tipo offset.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto para el CDM, fue realizar el diseño mecánico y fabricación de una antena parabólica tipo offset, para transmitir y recibir datos vía satélite.

ALCANCES DEL PROYECTO

Como alcance de las actividades a realizar se planteó obtener un prototipo equiparable con los existentes en el mercado extranjero, a menor costo y con tecnología nacional.

ESPECIFICACIONES

Las especificaciones son la conclusión del análisis del problema efectuado por el CDM y el IA, en ellas se definen las cuestiones

operativas y características del proyecto. El resultado de dicho análisis se menciona a continuación:

- a) La curva generatriz corresponde a la ecuación de la parábola

$$y = \frac{x^2}{7}$$

- b) El diámetro mayor del paraboloides es de 5 m.
- c) La superficie de captación solo utiliza un sector circular con diámetro de 2.4 m.
- d) La variación máxima permisible en la superficie de captación es de ± 7 mm, sobre la cuerda generatriz.
- e) El material de la superficie de captación es solera de aluminio con espesor de 3/16".
- f) El color de la superficie de captación es mate en tono claro.
- g) La superficie de captación cuenta con un sistema de calefacción en la parte posterior (no especificado).
- h) La estructura de la antena cuenta con resistencia mecánica para la fuerza de arrastre ocasionada por una velocidad de viento máxima de 160 Km/hr.

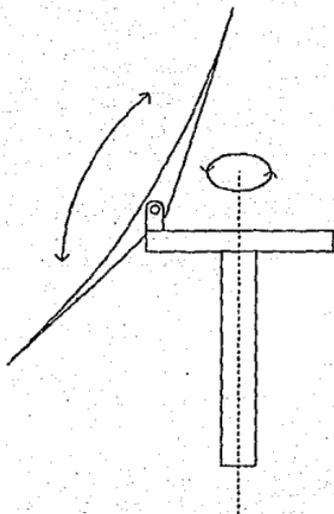


Figura 6.- Grados de libertad en el sistema reflector.

- i) La superficie de captación cuenta con dos grados de libertad respecto al poste principal (figura 6); es decir, un grado de libertad con rango angular de 90° respecto a la base del azimut y el otro con rango angular de 360° del acimut respecto al eje de simetría del pedestal.
- j) Los grados de libertad mencionados en el inciso anterior cuentan con movimiento rápido de aproximación y movimiento lento para afinar la posición.
- k) La orientación de la superficie de captación es manual y

máximo intervienen dos personas.

- l) El soporte del alimentador cuenta con tres grados de libertad, para una mejor ubicación del punto focal.
- m) La colocación definitiva del sistema es en un ambiente salino con clima extremoso (-12°C a 40°C).
- n) Se debe invadir lo menos posible la superficie reflectora, ya sea por elementos de unión (tornillos) o por sombras proyectadas de elementos constitutivos de la antena.

CAPÍTULO 3

DISEÑO CONCEPTUAL

El proyecto se dividió conceptualmente en sistemas, según las funciones realizar por las partes de la antena:

- Sistema reflector
- Sistema de apoyo o chasis
- Sistema de orientación
- Sistema focal
- Sistema de sustentación
- Sistema de calefacción

DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES

A continuación se describen las funciones de los sistemas que constituyen la antena parabólica.

Sistema reflector.- Tiene por objeto reflejar, ya sea para emitir o recibir ondas electromagnéticas provenientes de la estación terrena o de satélites.

Sistema de apoyo o chasis.- Es el conjunto de vigas que sostienen al sistema reflector y lo relaciona con el sistema de orientación.

Sistema de orientación.- Está compuesto por los mecanismos que permiten el movimiento de elevación y azimut, requeridos para facilitar el correcto direccionamiento de la antena.

Sistema focal.- Es la estructura que sostiene los elementos correspondientes a la etapa de radio en el punto focal del paraboloide.

El sistema de sustentación.- Es el conjunto de elementos mecánicos destinados a soportar la antena. También sirve como pivote del azimut.

El sistema de calefacción.- Es un arreglo de resistencias eléctricas distribuidas en la parte posterior del reflector estas suministran calor, evitando así acumulamiento de nieve en el reflector (este sistema no será tratado en este trabajo).

CAPÍTULO 4

DISEÑO PRELIMINAR

Considerando que la función principal de una antena parabólica es recibir y transmitir ondas electromagnéticas a través del sistema reflector, concluimos que este sistema debía definirse antes que los demás.

SISTEMA REFLECTOR

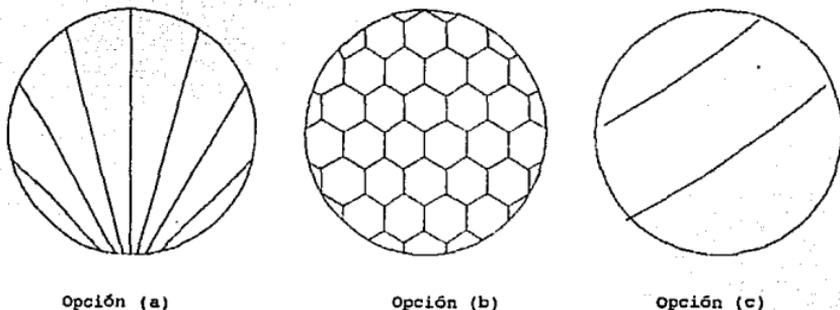
Los factores considerados en el diseño del sistema reflector fueron:

- La ecuación del paraboloides especificada.
- Material especificado para la superficie reflectora.

Consideración adicional

- Opciones geométricas factibles de desarrollar matemáticamente,

así como mecanizar o conformar (figura 7).



Opción (a)

Opción (b)

Opción (c)

Figura(7). Opciones geométricas factibles para construir el reflector: a) Arreglo de cortes en forma de gajos o pétalos, b) Arreglo de cortes en forma hexagonal, c) Arreglo de cortes transversales.

El desarrollo matemático del reflector tiene gran importancia tanto en el diseño como en la fabricación de la antena, ya que con él es posible predeterminar con certeza la geometría de los gajos de aluminio que constituyen el reflector, y las barras para la estructura de apoyo. Sin el modelo matemático los gajos y barras se determinan a prueba y error.

Las opciones generadas (figura 7) se muestran en orden sucesivo según aumenta el grado de dificultad para realizar el desarrollo matemático, el mecanizado y conformado de materiales del sistema reflector y del de apoyo. Entre otras razones, estos factores influyeron decisivamente para elegir a la opción (a) como la

indicada para llevar a cabo el diseño de detalle y la construcción del reflector.

SISTEMA DE APOYO

La configuración del sistema de apoyo la determinaron los siguientes parámetros:

- La ecuación del paraboloides especificada.
- Resistencia mecánica para la velocidad de viento especificada.
- Invadir lo menos posible la superficie reflectora.

Consideraciones adicionales

- La configuración electa del reflector.
- La superficie de sujeción entre el reflector y el sistema de apoyo.
- Conservar dentro de lo posible la simetría en la configuración de las vigas.
- Las limitantes impuestas por el sistema de orientación.

Para lograr la superficie necesaria de sujeción, se propusieron vigas de perfil "T", ya que son susceptibles de conformar mecánicamente y poseen gran resistencia mecánica. Estas vigas requieren ser unidas al sistema de orientación. Dicha unión se llevó a cabo por vigas de perfil "PTR".

TIPO DE SUJECCIÓN

El sistema de apoyo (figura 8), incluye la selección del tipo de sujeción para unir el sistema reflector (constituido por gajos de aluminio) al sistema de apoyo. Las opciones viables se mencionan a continuación.

- Tornillo.- Este elemento presenta gran versatilidad por sus características funcionales. Además, existe gran variedad de tornillos comerciales, de donde podemos seleccionar el que mejor se acople a nuestras necesidades. Para nuestro caso, las opciones se limitaron a los tornillos de cabeza plana, por que estos no proyectan sombra sobre el reflector.

- Remaches.- La amplia variedad de remaches se caracteriza por ser un tipo de unión semipermanente. Dicha característica descarta la posibilidad de elegir esta opción, ya que el caso requiere una calibración fina.

- Soldadura.- Hay diversas formas de llevar a cabo una soldadura, sin embargo, invariablemente todas ellas producen deformación a causa de las altas temperaturas que se manejan.

Como podemos apreciar en la descripción anterior, la opción más conveniente fue, la unión por medio de tornillos.

SISTEMA FOCAL

La especificación "invadir mínimamente la superficie reflectora", dicta las características del sistema focal, así como su posición respecto a la superficie reflectora.

La elección de un solo poste paralelo al eje focal para soportar la etapa de radio, se justifica atendiendo a las características físicas del paraboloide para recibir o emitir una señal. Después de analizar el problema bajo esta óptica, observaremos que el elemento mecánico electo, proyecta menor cantidad de sombra en la superficie del paraboloide; Para facilitar el análisis se sugiere apoyarse en la figura 5.

SISTEMA DE ORIENTACIÓN

Este sistema debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Dos grados de libertad.
- Tipo de accionamiento manual.
- Resistencia mecánica para la velocidad de viento 160 km/h.

Consideraciones adicionales

- Configuración de los sistemas de apoyo y del de sustentación.
- Simetría en la configuración del propio sistema.

- Capacidad de repetición aceptable.

Para este sistema, se adecuó una configuración considerando la estructura definida de los sistemas de apoyo, y de sustentación, misma que se muestra en la figura 8.

SISTEMA DE SUSTENTACIÓN

La especificación que debe cumplirse en este sistema es:

- Resistencia mecánica para la velocidad de viento especificada.

Consideraciones adicionales

- Menor altura posible.
- Características de la cimentación.
- Sistema de orientación.

La configuración final de este sistema (figura 8) se definió después de analizar varias opciones. En la evaluación se estimó el costo de la mano de obra de cada una, así como la cantidad, costo y tipo de material.

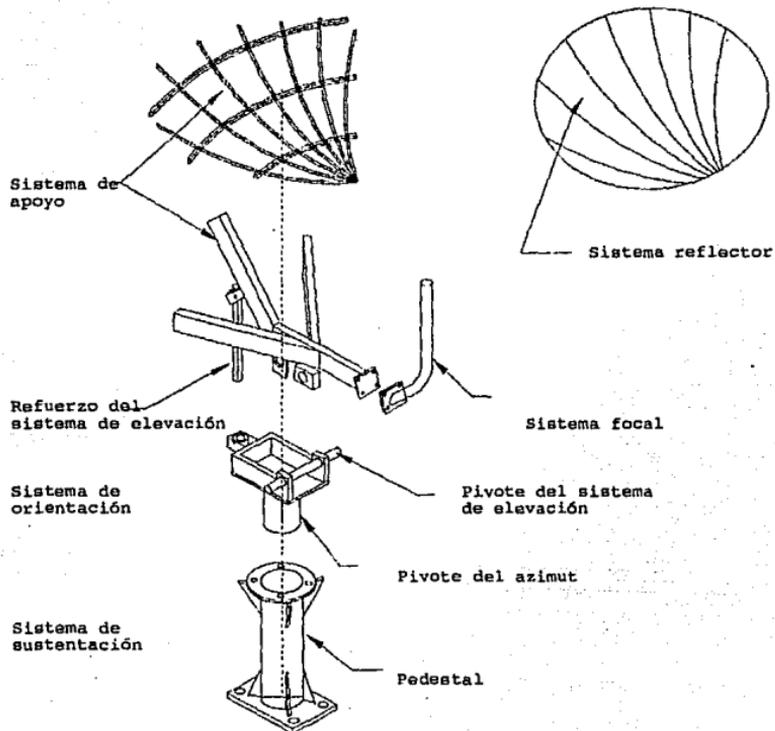


Figura 8.- Diagrama explosivo de la antena

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE DETALLE

INTRODUCCIÓN

Una vez seleccionados todos los sistemas de la antena, se procedió a diseñar a detalle los elementos que la componen. Para esto, se consideró la relación existente entre los sistemas y se definió la secuencia lógica y dependencia para su solución.

El orden que se siguió fue el siguiente:

- Sistema reflector
- Sistema de apoyo
- Sistema focal
- Sistema de orientación
- Sistema de sustentación

Cabe mencionar, que debido a la relación que tienen algunos

sistemas con otros, aunque se respetó su jerarquía, algunos se resolvieron en forma simultanea.

Para los sistemas de orientación y sustentación se analizaron puntos críticos, que ayudaron a verificar la selección de tamaños y elementos utilizados en estos sistemas.

Toda la estructura de la antena, excepto los pétalos del reflector, está formada por placa, perfiles y soleras de acero AISI- 1010.

En este capítulo, se muestra el detalle de los componentes que forman los sistemas de la antena.

SISTEMA REFLECTOR.

El sistema reflector, está compuesto por seis pétalos de aluminio con espesor de 3/16". Cada uno tiene las mismas características geométricas.

Para llevar a cabo el corte de los pétalos, se utilizó una plantilla proporcionada por el IA. Esta plantilla, se realizó después de desarrollar matemáticamente el paraboloides, por tanto, contenía las características geométricas del pétalo antes de ser curvado, asegurando así el ensamble correcto de los gajos (sin traslape ni paso de luz).

El material para los gajos del reflector fue especificado en base a sus propiedades electromagnéticas, pero es importante conocer la fuerza de arrastre ocasionada por el área de captación, ya que este valor, sirve para determinar la magnitud de los esfuerzos en los puntos críticos que se analizan más adelante.

Calculando la fuerza de arrastre para el caso crítico (reflector completamente perpendicular al flujo).

$$F_a = C_d (1/2 \rho V^2 A) \dots (1)$$

$$A = \pi d^2/4 \dots (2)$$

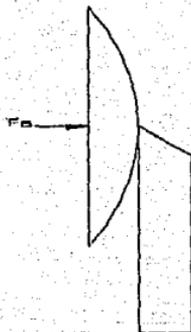


Figura 9.- Idealización de la fuerza de arrastre

Donde:

F_a = Fuerza de arrastre

d = Diámetro del reflector

C_d = Coeficientes de arrastre

ρ = Densidad del fluido

V = Velocidad del viento

A = Área proyectada

Datos:

$$d = 2.4 \text{ m}$$

$$V = 160 \text{ Km/h}$$

$$V^2 = 1974.9 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Consultando tablas, se halló la densidad del aire para las temperaturas extremas marcadas en las especificaciones.

$$\rho_{-12^\circ\text{C}} = 1.36 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{40^\circ\text{C}} = 1.13 \text{ kg/m}^3$$

De datos experimentales y considerando la geometría del reflector

$$C_d = 1.35$$

Sustituyendo los datos anteriores en las ecuaciones 1 y 2

$$A = 4.52 \text{ m}^2$$

F_a para una temperatura $T = -12^\circ\text{C}$

$$F_{a-12^\circ\text{C}} = 8194.6 \text{ N}$$

F_a para una temperatura $T = 40^\circ\text{C}$

$$F_{a40^\circ\text{C}} = 6808.7 \text{ N}$$

Comparando los valores de la fuerza de arrastre correspondiente a cada densidad, observamos que:

$$F_{a40^{\circ}\text{C}} < F_{a-12^{\circ}\text{C}}$$

por tanto, para cálculos posteriores $F_a = 8194.6 \text{ N} \approx 8200 \text{ N}$

SISTEMA DE APOYO

La estructura del sistema de apoyo, se diseñó conforme a la geometría de los pétalos. Se definió que la estructura fabricada con perfil estructural comercial, tiene suficiente resistencia

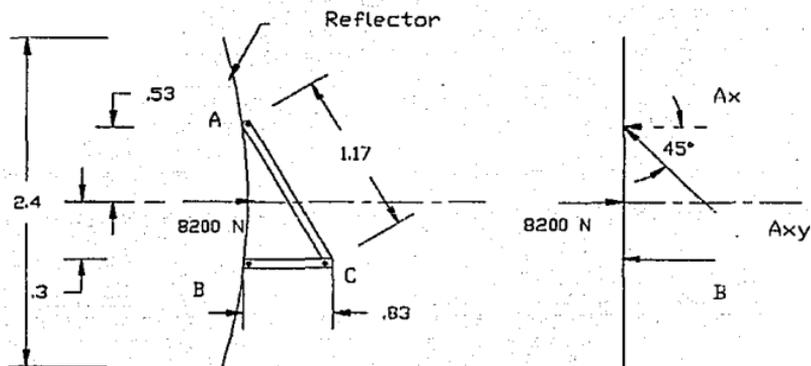


Figura 10.- Distribución de fuerzas en e reflector

mecánica, por tanto los elementos críticos de este sistema son: la barra pivote de elevación y los pernos del refuerzo de elevación. Para encontrar el valor de las reacciones se despreció el peso de los elementos y solo se consideraron las cargas que presenta la figura 10 junto con su diagrama de cuerpo libre.

del diagrama de cuerpo libre

$$\Sigma M_B = 0 + \checkmark$$

$$-8200(0.3) + A_x(0.83) = 0$$

$$A_x = 2963.86 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0 + \checkmark$$

$$-8200(.53) + B(0.83) = 0$$

$$B = 5236.14 \text{ N}$$

$$A_{xy} = A_x \cos 45^\circ$$

$$A_{xy} = 2095.75 \text{ N}$$

El valor de B, es la fuerza cortante que debe resistir la barra pivote. De la figura 11 podemos observar que trabaja a cortante doble.

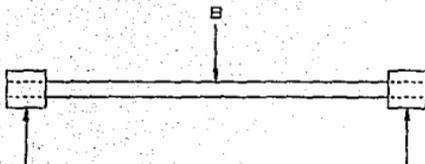


Figura 11.- Diagrama de fuerzas en el pivote de elevación

Para el acero AISI-C1010 a cortante $\tau = 95 \text{ MPa}$.

Utilizado la fórmula del esfuerzo con un factor de seguridad igual a tres, en función del diámetro, tenemos:

Considerando cortante simple

$$d = [2B \times F_s / \pi \tau]^{.5} \dots\dots\dots (3)$$

donde:

F_s = Factor de seguridad

B = 5236.14 N

τ = 95 MPa

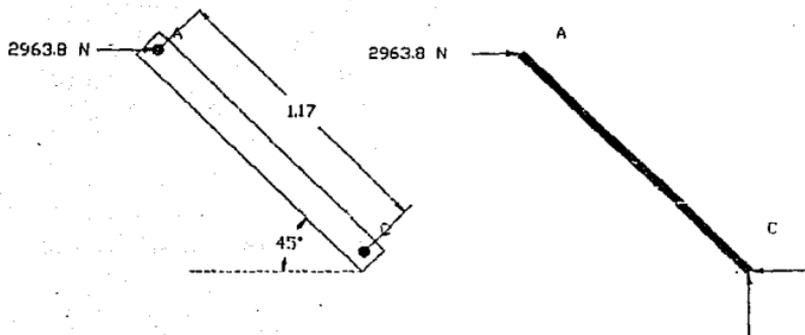


Figura 12.- Diagrama de cuerpo libre correspondiente a la barra A-C

sustituyendo en la ecuación 3

$$d = 0.0102 \text{ m}$$

Para calcular los pernos del refuerzo de elevación, se utilizó el

diagrama de cuerpo libre de la figura 12 donde se considera un cortante simple. Utilizado la ecuación 3 con los siguientes valores.

$$F = 2963.8 \text{ N}$$

$$r = 95 \text{ MPa}$$

Sustituyendo

$$d = 0.0077 \text{ m}$$

Para la estructura del sistema de apoyo, se utilizó PTR 2 x 2", solera de 3/16 x 1 1/2" y PTR de 4 x 2", además se usó flecha de cold rolled con diámetro de 1 1/4" para la barra pivote de elevación y barra redonda de 5/8 para los pernos.

SISTEMA FOCAL

En el diseño del sistema focal, se determinó la distancia entre el vértice del paraboloide y el punto focal. Para esto se utilizaron las ecuaciones:

Ecuación de la curva reflectora.

$$y = 1/7 x^2 \dots \dots \dots (4)$$

Ecuación general de la parábola (P= Distancia focal)

$$x^2 = 4PY \dots \dots \dots (5)$$

sustituyendo 4 en 5 y despejando P

$$Y = (4/7)PY \quad \text{por tanto} \quad P = 7/4$$

$$P = 1.75 \text{ m}$$

Después de advertir que "X" y "Y" están dadas en metros se concluye a través de la ecuación general de la parábola, que P tiene las mismas unidades.

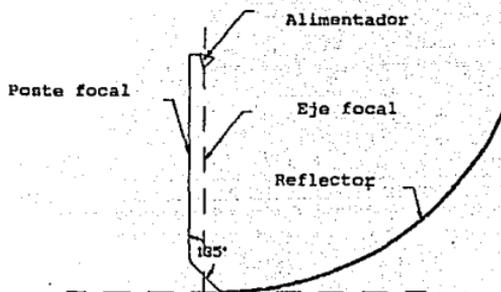


figura 13.- Vista lateral del reflector y soporte focal.

Las consideraciones operativas para diseñar el poste focal fueron las siguientes: soportar alimentador de ondas con peso aproximado de tres kilogramos además de su propio peso y la fuerza de arrastre. En suma estos tres rubros ejercen un momento aproximado

a los 20 kg-m, el cual permite diseñar el poste focal en forma cualitativa.

Desde el punto de vista geométrico, una consideración importante en el diseño del sistema focal, fue, el defasamiento del poste focal respecto al eje focal. El defasamiento tiene por objeto permitir la ubicación del alimentador en el punto focal (figura 13).

El material utilizado en este sistema.

Tubo mecánico $\phi_{ext} = 2 \frac{3}{8}$ ", con espesor de pared $\frac{3}{16}$ " para el poste focal.

Placa espesor = $\frac{3}{8}$ " para la brida de unión

SISTEMA ORIENTACIÓN

El sistema de orientación, es un componente importante de la antena, ya que contiene los mecanismos para dar movimiento al reflector.

Las dimensiones de la barra pivote, definieron en forma cualitativa las características de los apoyos, ya que para éstos se utilizó barra cuadrada comercial de $1 \frac{1}{2}$ " que cumple con la resistencia mecánica requerida.

Otro componente importante es el mecanismo de ajuste, formado por

dos bujes concéntricos, que le permiten al refuerzo de elevación movimiento rápido para aproximación, y movimiento lento para ajuste fino. El desplazamiento axial, de la barra refuerzo de elevación, es para el avance rápido y el radial para avance fino a través de un tornillo con paso diametral de 8 hilos/pulgada.

Para el refuerzo de elevación, y por disponibilidad del material, se utilizó un tubo con las siguientes características.

$$r_{\text{ext}} = 0.0206 \text{ m}$$

$$r_{\text{int}} = 0.0142 \text{ m}$$

$$e = 0.00635 \text{ m}$$

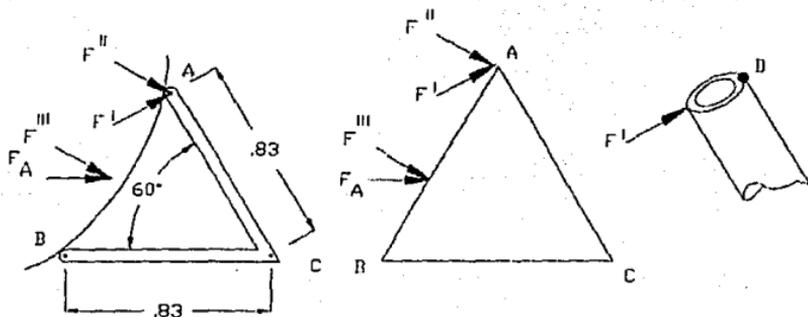


Figura 14.-Posición de elevación del reflector

A continuación, se presenta el planteamiento para encontrar la velocidad máxima del viento, que puede soportar este material. De

la figura 14 se tiene el diagrama de cuerpo libre (considerando la posición de elevación del reflector).

Para encontrar el valor de F' consideramos, en la sección C, un corte del tubo para analizar el punto D; este punto corresponde al esfuerzo normal máximo de compresión.

Para el análisis del punto D, utilizamos las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = (Mc/I) \dots \dots \dots (6)$$

$$M = F'L \dots \dots \dots (7)$$

Sustituyendo 7 en 6 y despejando F'

$$F' = \sigma I / (Lc) \dots \dots \dots (8)$$

σ = Esfuerzo normal

F' = Fuerza cortante

M = Momento flector

c = Distancia al eje neutro

I = Momento de inercia

Para una sección circular hueca tenemos:

$$I = \pi/4 \cdot (r_{\text{ext}}^4 - r_{\text{int}}^4)$$

$$I = 10.9 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$c = 0.0206 \text{ m}$$

$$L = 0.83 \text{ m}$$

Para acero AISI- C1010 $\sigma_y = 172 \text{ MPa}$.

Sustituyendo en 8.

$$F' = 1096.5 \text{ N}$$

Del diagrama de cuerpo libre (figura 14), tenemos:

$$F'' = F' / \cos 60^\circ$$

Sustituyendo

$$F'' = 2193 \text{ N}$$

Para encontrar el valor de F''' nos apoyamos en diagrama de cuerpo libre de la figura 10 donde obtenemos $F''' = F''(0.83)/0.3$

Sustituyendo

$$F''' = 6067.3 \text{ N}$$

De la figura 14 tenemos:

$$F_a = F'' / \cos 30^\circ$$

Sustituyendo

$$F_a = 7005.9 \text{ N}$$

Utilizando la ecuación 1 y despejando la velocidad tenemos:

$$V = [(2F_a) / (C_d \rho A)]^{.5} \dots \dots \dots (11)$$

Donde

$$C_d = 1.35$$

$$\rho_{-12^\circ\text{C}} = 1.36 \text{ kg/m}^3$$

El área proyectada del reflector para esa posición es:

$$A = 3.94 \text{ m}^2$$

Sustituyendo valores en 11

$$V = 44.01 \text{ m/s} \quad \text{o bien}$$

$$V = 158.4 \text{ km/hr}$$

Como podemos apreciar esta barra se garantiza para una velocidad de viento de 158.4 km/h, que es próxima a la velocidad planteada en las especificaciones.

El sistema de orientación está formado por placa de 3/8" para el cuerpo, PTR de 4 x 2" para el marco, barra cuadrada de 1 1/2" para las bases de giro y tubo con diámetro de 1 5/8" y 1/4" de espesor para el refuerzo de elevación.

SISTEMA DE SUSTENTACIÓN

Para el diseño del sistema de sustentación, es importante conocer la magnitud de los esfuerzos resultantes en los puntos críticos.

Calculando el momento flector (M) y la fuerza cortante (V_B) en la base (figura 15), tenemos:

$$M = 8200 \text{ N} \times 1.35 \text{ m} = 11070 \text{ N.m}$$

$$V_B = 8200 \text{ N}$$

de tablas:

tubo mecánico cedula 40

$$r_{\text{ext}} = 0.0841 \text{ m}$$

$$r_{\text{int}} = 0.077 \text{ m}$$

$$e = 0.0071 \text{ m.}$$

$$S_y = 379 \text{ MPa.}$$

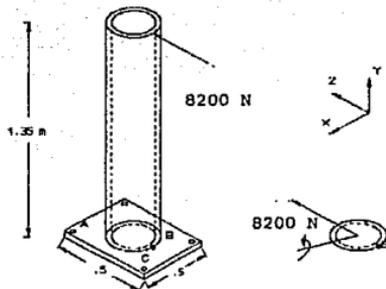


Figura 15.- Pedestal y diagrama de cuerpo libre

Calculando los esfuerzos normales y cortantes en el punto B

$$\sigma = Mc/I \dots \dots \dots (12)$$

$$\tau = VQ/It \dots \dots \dots (13)$$

donde

τ = Esfuerzo cortante

σ = Esfuerzo normal

M = Momento flector

c = Distancia al eje neutro

I = Momento de inercia

V = Fuerza cortante

Q = Momento de primer orden

t = 2e

Para una sección tubular, tenemos:

$$I = (\pi/4) (r_{ext}^4 - r_{int}^4)$$

$$I = 11.68 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$t = 0.0142 \text{ m}$$

$$c = 0.0841 \text{ m}$$

Para el punto B, tenemos que Q vale cero.

sustituyendo en 12 y 13

$$\sigma = 79.7 \text{ MPa.}$$

$$\tau = 0$$

Utilizando el círculo de Mohr para encontrar la magnitud de los esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo.

$$\sigma_y = 79.7 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_x = 0$$

$$\tau_x = 0$$

$$\sigma_{\text{máx, mín}} = [(\sigma_y + \sigma_x) \times .5] \pm \{[(\sigma_x - \sigma_y) \times .5]^2 + \tau_{xy}^2\}^{.5} \dots (14)$$

$$\tau_{\text{máx}} = \{[(\sigma_x - \sigma_y) \times .5]^2 + \tau_{xy}^2\}^{.5} \dots (15)$$

Sustituyendo en 14 y 15

$$\sigma_{\text{máx}} = 79.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{mín}} = 0$$

$$\tau_{\text{máx}} = 39.85 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ es el valor de la resistencia mínima requerida al esfuerzo. Para un factor de seguridad $F_s = 3$ y con S_y del material obtenemos el esfuerzo admisible $S_{\text{adm}} = S_y / F_s$

$$S_{adm} = 379/3$$

$$S_{adm} = 126.33$$

comparando el valor de σ con S_{adm} observamos que:

$$\sigma < S_{adm}$$

Para determinar el diámetros de los tornillos que fijan la placa de anclaje a la cimentación, se consideró la figura 16.

De cálculos anteriores, podemos observar que $R_a = -R_c$ y $M = 11070 \text{ N.m}$

Considerando:

$$\Sigma M_A = 0 + \checkmark$$

$$-11070 - 0.5 R_c = 0$$

$$R_c = 22140 \text{ N}$$

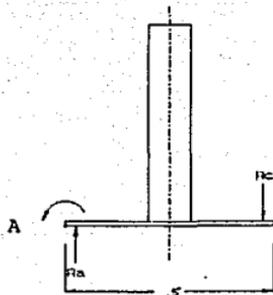


Figura 16.-

Este valor, corresponde a la fuerza de tracción que deben soportar los tornillos. Para garantizar que la falla de cualquiera de los

dos no afectará, se utilizó el valor de R_c para calcular el diámetro de un tornillo.

Para el acero AISI- C1010; $S_y = 172$ MPa

considerando un factor de seguridad de 3

$$S_{adm} = 57.33 \text{ MPa.}$$

por tanto el área transversal de los tornillos (A_t) está dada por:

$$A_t = F/P \dots \dots \dots (16)$$

donde

$$F = 22140 \text{ N}$$

$$P = 57.33 \text{ MPa}$$

sustituyendo en (16)

$$A_t = 0.000388 \text{ m}^2$$

el diámetro del tornillo

$$d_t = (4A_t/\pi)^{0.5}$$

$$d_t = 2.20 \text{ m}$$

El diámetro de los tornillos a utilizar debe ser cuando menos de 2.2 cm.

El sistema de sustentación está constituido por un tubo mecánico (cedula 40) para el pedestal el cual cuenta con dos discos interiores (placa 3/8"), sobre ellos gira el sistema de orientación, y se fija a un disco externo (placa 3/8") que se encuentra en el extremo superior del pedestal. En el extremo inferior del pedestal se encuentra la base (placa de 3/4").

Los planos de conjunto de todos los sistemas y lista de partes, se presentan en el anexo II.

CAPÍTULO 6

FABRICACIÓN Y ENSAMBLE

INTRODUCCIÓN

La fabricación y el ensamble generalmente requieren dispositivos auxiliares para simplificar las labores. Las características de estos son variadas, e incluso, en ocasiones cuesta más un solo dispositivo que el artículo terminado donde intervino. En base a este argumento se consideró importante describir la elección de los dispositivos más sobresalientes, usados para fabricar y ensamblar la antena, los cuales se mencionan a continuación.

- Un molde para conformar los gajos de aluminio
- Un sistema de medición
- Escantillón parabólico
- Sistemas auxiliares en el ensamble de elementos mecánicos

GENERACIÓN DE OPCIONES PARA EL CONFORMADO DE LOS GAJOS

Considerando la tolerancia requerida en la superficie de captación, se analizaron diferentes métodos de conformado mecánico, usados frecuentemente en la industria, como son:

- forjado
- embutido
- rechazado
- doblado a golpe de martillo
- doblado con rodillos (rolado)
- fundición

Fabricar un perfil parabólico es complejo, debido a la geometría misma y restricciones de la maquinaria existente en el mercado. Además, en el caso particular, la producción requerida es muy limitada, por tanto, debemos analizar el proceso más rentable para tal especificación.

ANÁLISIS DE OPCIONES SOBRE PROCESOS DE CONFORMADO

La posibilidad de conformar los gajos del reflector parabólico con alguno de los procesos mencionados anteriormente, se determinó considerando la tolerancia requerida, el costo y la posibilidad de fabricarlo con recursos que posee la UNAM.

Forjado, Embutido y Rechazado.- En máquinas adecuadas para realizar estos procesos se logran superficies muy uniformes, sin embargo, los requerimientos de producción no justifican la inversión necesaria para fabricar los moldes.

Doblado a golpe de martillo.- Al analizar esta opción, se determinó que cada golpe del martillo produce deformaciones en la superficie reflectora y afectan sensiblemente la reflexión de la señal. No obstante este método tiene la ventaja de ser muy económico.

Doblado con rodillos.- Este proceso presenta características afines a los requerimientos, sin embargo, las roladoras solo generan superficies cilíndricas y la condición del problema es obtener una superficie en el espacio.

Fundición.- Dentro del análisis elaborado, el proceso de fundición en verde se apegó a los requerimientos del problema, pero demandó mayor capacidad de hornos de fundición que la existente en el taller; no obstante, observando los principios de moldeo en verde se descubrieron nuevas opciones.

Como podemos apreciar, cada uno de los métodos mencionados anteriormente tiene inconvenientes propios, en consecuencia no es posible aplicarlos íntegramente a nuestra necesidad.

CONCLUSIÓN

Para satisfacer las necesidades del problema se configuró un método híbrido apoyado en los procesos antes analizados.

CONFIGURACIÓN DEL MÉTODO HÍBRIDO PARA CONFORMAR LOS GAJOS

Considerando los principios de conformado mecánico, se conceptualizó un molde hembra-macho operado manualmente. Como las características del molde se definieron a prueba y error, fue necesario realizar varias pruebas, razón por la cual, se eligió un material de fácil reconformado para fabricar los moldes. De los materiales propuestos para fabricar el molde, el que mejor se comportó fue la arena sílica, ya que esta permite el remoldeo a muy bajo costo, por resistencia a la compresión y su alta cohesión.

MOLDE MACHO

Para construir el molde macho, antes hubo que fabricar un plantilla (figura 17). Básicamente, la plantilla es una rama de la parábola que cumple con la ecuación prescrita en las especificaciones y que al rotarla sobre su eje focal define una superficie de revolución.

El molde se construyó secante al piso como muestra la figura 18, esto por la facilidad de construcción y operación que ofrece tal disposición.

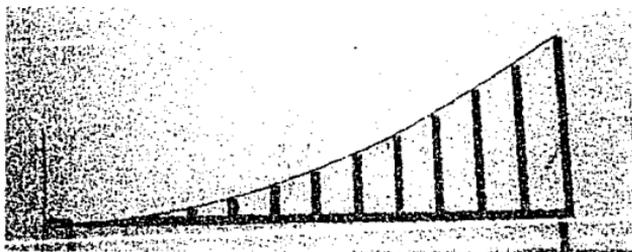
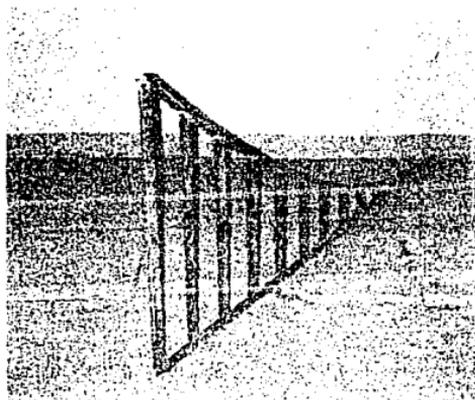


Figura 17. Plantilla para construir el molde y conformar las vigas de apoyo del chasis.



Figura 18.- Molde macho

MOLDE HEMBRA

Para afianzar los gajos de aluminio al molde macho se requiere la contraparte (hembra). El material que mejor funcionó en esta labor fue el cable acerado, por su alta resistencia a la tracción y flexibilidad, mismas que le permiten soportar perfectamente el tipo de esfuerzos que intervienen. La figura 19 muestra el arreglo final del pseudomolde.

El molde hembra se formó por cable acerado de diámetro 5/16". La carga de tracción (tensado) se aplicó con polipastos y otros mecanismos de tracción según las circunstancias. El cable fue tensado secuencialmente a través de sus ramas, ver figura 19.

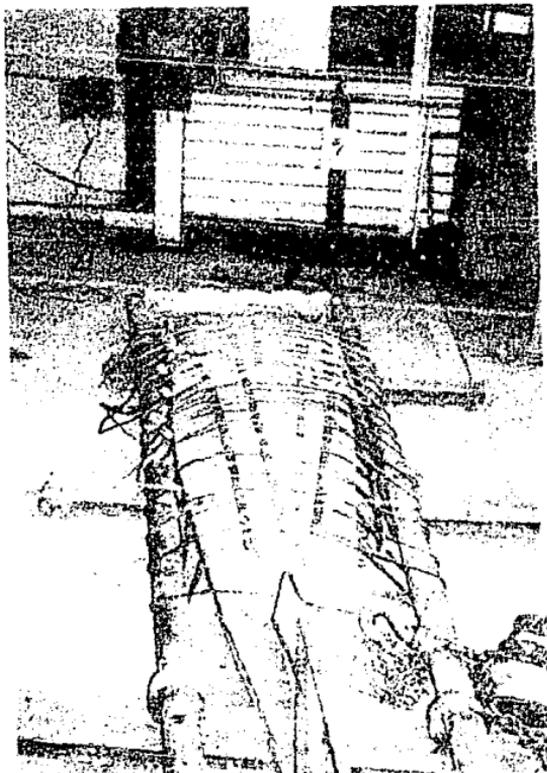


Figura 19.-Presentación definitiva del conjunto molde hembra-macho (Pseudomolde).

El cable acerado empleado en la matriz fue aproximadamente 40 metros, esta es la cantidad suficiente para formar una maya sobre el gajo con una separación entre rama y rama de cinco centímetros.

Entre la maya de cable de acero y el gajo de aluminio se colocaron soleras (de 3/16 x 1") con dos finalidades, primera distribuir de manera homogénea la carga aplicada, segunda evitar fricción entre gajos y cable acerado. Para mejorar el deslizamiento del cable se agregó grasa lubricante.

USO DE ROLADORA

El conformado de los gajos en este dispositivo no es preciso, por la cantidad de variables que intervienen. Se decidió darles mayor curvatura, para posteriormente ajustarla con una máquina roladora, además, la carga aplicada a través del cable produjo ondulaciones, que fueron retocadas en esta misma máquina.

SISTEMA DE MEDICIÓN

La metrología es vital en la industria de la transformación. Para el caso particular, se implementó un sistema de medición que permitió cotejar la geometría real del paraboloides con la tabulación de la ecuación especificada. La figura 20 muestra el sistema de medición constituido por un plano cartesiano articulado a un tercer eje. Como sabemos, en el plano cartesiano intervienen

dos ejes, y con estos solo es posible medir una rama de la parábola, por ello fue necesario adicionar un tercer eje que permitiera medir superficies de revolución.

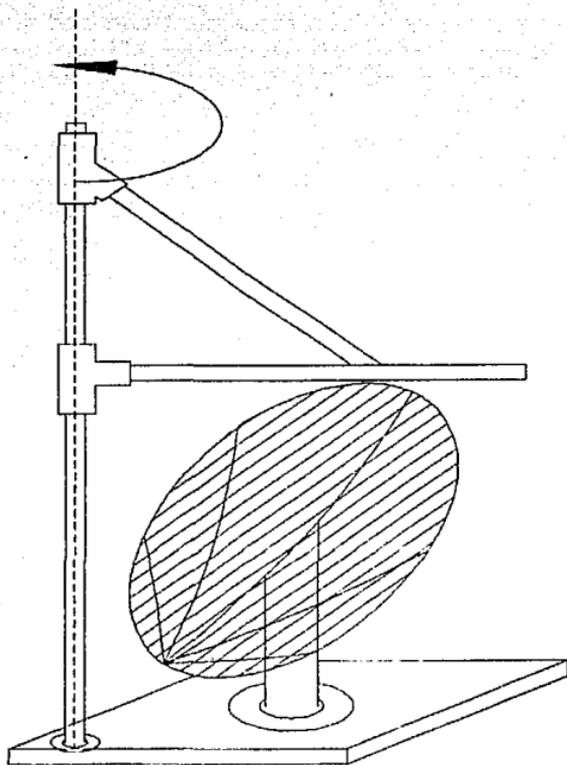


Figura 20.- Sistema de medición

En el anexo I se muestra la fabricación de los pétalos y el sistema de medición.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

Las pruebas realizadas al reflector por la DEPTI dan las siguientes características:

Tipo de antena:	offset
Relación f/D:	0.35
Diámetro:	2.4 m
Ganancia:	48 dB aproximadamente
Eficiencia:	60 % aproximadamente

Se ha estimado que el aumento de la eficiencia significa un 10 %, ya que el diámetro de la antena para una misma ganancia es menor.

El diseño mecánico permite una precisión en los resultados equiparable con las marcas comerciales de renombre mundial.

CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo de diseñar y fabricar una antena parabólica tipo offset con tecnología nacional.

Por ser una primera etapa del diseño y fabricación de la antena, estamos seguros que no es un producto final y que una segunda etapa mejoraría los sistemas componentes.

En forma personal, puedo concluir que la realización de este trabajo ha sido interesante por ayudarme a conocer aspectos importantes del método de diseño, así como también, por incrementar nuestros conocimientos teórico - prácticos en la fabricación de piezas.

Gerardo B. Arana

Considerando el aspecto económico, se concluyó que la fabricación de un prototipo es muy costosa por la gran cantidad de recursos (ingeniería, administración, equipo, etc.) que demanda, y que solo es viable esta decisión cuando no existe algún producto sustituto en el mercado, o bien, cuando es factible comercializar el nuevo producto.

En cuanto al método de diseño se concluyó que tiene sus bases en el método de investigación científica, por lo tanto, el método de diseño es un algoritmo versátil, que permite dar solución a problemas de cualquier rama de la ingeniería.

Gustavo Valeriano

OBRAS CONSULTADAS

Robert E Collin

Antenna Theory

1a. Edición

Ed. Inter - University

Electronics Series

EUA, 1963

Constatine A. Balanis

Antenna Theory Analisis

2a. Edición

Ed. Wiley

E.U.A, 1970

Rodolfo Neri Vela

Satélites de Comunicación

1a. Edición

Ed. Mc Graw - Hill

México, 1989

Beer and Johnson

Mecánica de Materiales

1a. Edición

Ed. Mc Graw - Hill

México, 1982

Edward V. Krick

Introducción a la Ingeniería y
al Diseño en la Ingeniería

2a. Edición

Ed. Limusa

México, 1991

Guillermo Aguirre Esponda

Diseño de Elementos de Máquinas

1a. Edición

Ed. Trillas

México, 1990

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Lawrence E. Doyle, et. | Edgar P. Popov |
| Materiales y Procesos de | Introducción a la Mecánica de |
| Manufactura para Ingenieros | Sólidos |
| 3a. Edición | 1a. Edición |
| Ed. Prentice - Hall | Ed. Limusa |
| México, 1988 | México, 1976 |
|
 |
 |
| Frank M. White | Warren J. Luzadder |
| Mecánica de Fluidos | Fundamentos de Dibujo en |
| 1a. Edición | Ingeniería |
| Ed. Mc Graw - Hill | 9a. Edición |
| México, 1983 | Prentice - Hall |
| | México, 1988 |

ANEXO I

(Fotos de fabricación)



Figura I.1

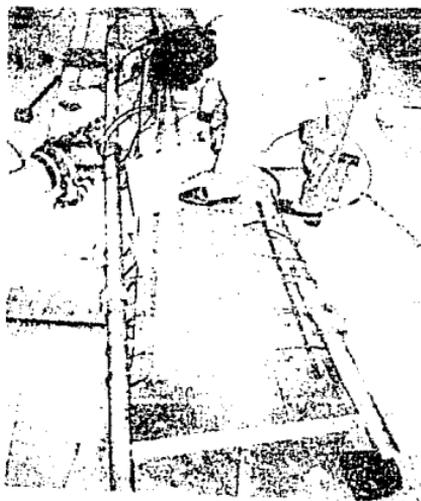


Figura I.2

Las figuras I.1 y I.2, muestran el molde macho y la forma de conformar el pétalo.

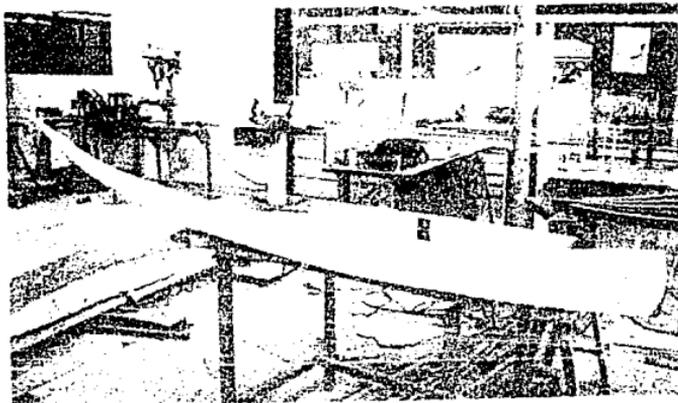


Figura I.3

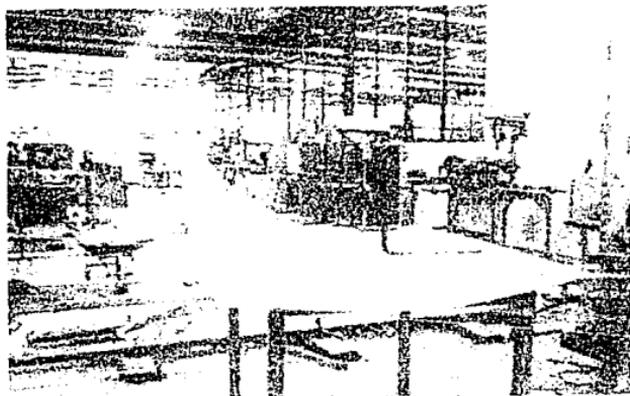


Figura I.4

Las figuras I.3 y I.4 muestran el pétalo conformado.



Figura I.5 Sistema de medición



Figura I.6 Antena terminada

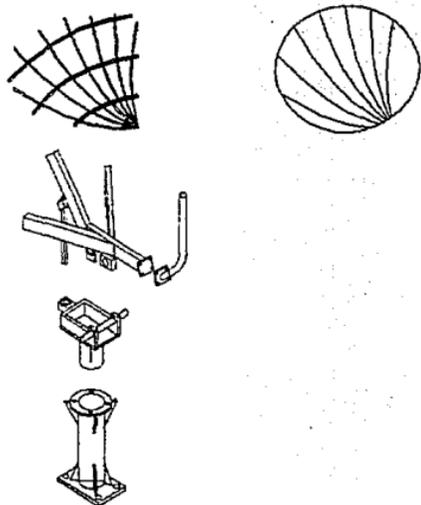
ANEXO II

(Dibujos y lista de componentes)

Lista de partes

Pza.	Nombre	Cant.	Observaciones
1	Placa focal	2	ver plano 1
1A	Placa orientación	1	ver plano 1
1B	Placa anclaje	1	ver plano 1
2A	Escuadra inferior	4	ver plano 10
2B	Escuadra superior	4	ver plano 10
3	Pedestal	1	ver plano 2
3A	Sujetador fijo	3	ver plano 5
3B	Sujetador removible	3	ver plano 3
4A	Vigas elevación	2	ver plano 7
4B	Vigas elevación	1	ver plano 7
5	Tornillo Ac. inox. 304 3/16 x 1 1/2	100	comercial
6A	Orejas	4	ver plano 8
6B	Orejas elevación	2	ver plano 8

7	Disco superior	1	ver plano 6
8A	Pivote orientación	1	ver plano 9
8B	Buje	1	ver plano 9
8C	Buje	1	ver plano 9
9	Pivote elevación	1	ver plano 4
10	Tapas	7	ver plano 11
11	Apoyo superior	1	ver plano 13
11A	Apoyo central	1	ver plano 13
12	Apoyos laterales	2	ver plano 13
13	Refuerzo elevación	1	ver plano 12
14	Tuerca elevación	1	ver plano 12
15	Eje focal	1	ver plano 11

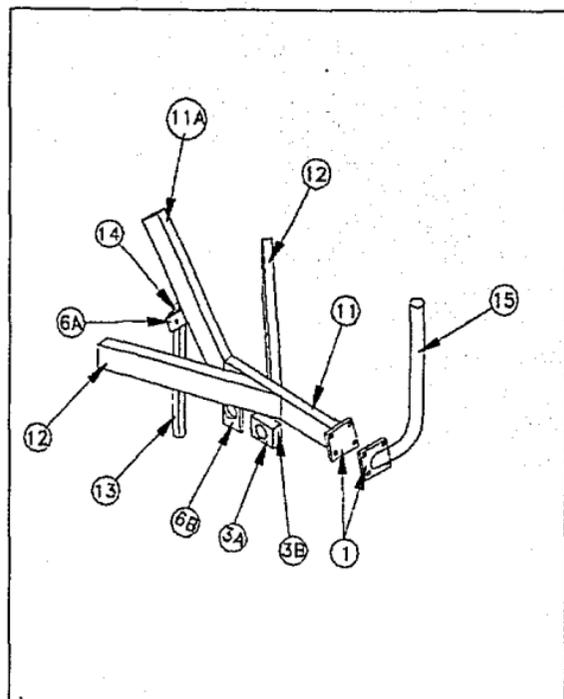


Plano de ensamble

MATERIAL:

ACOT: mm

ESC: s/e



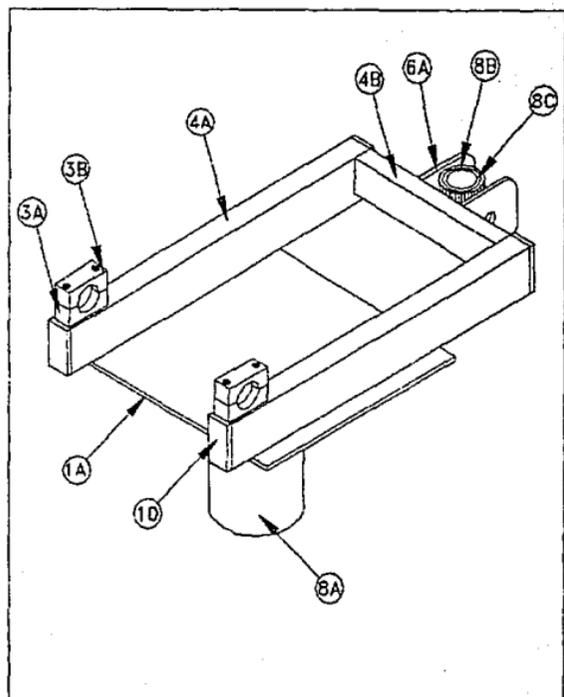
Sistema de apoyo

MATERIAL:

ACOT: mm

ESC: s/e



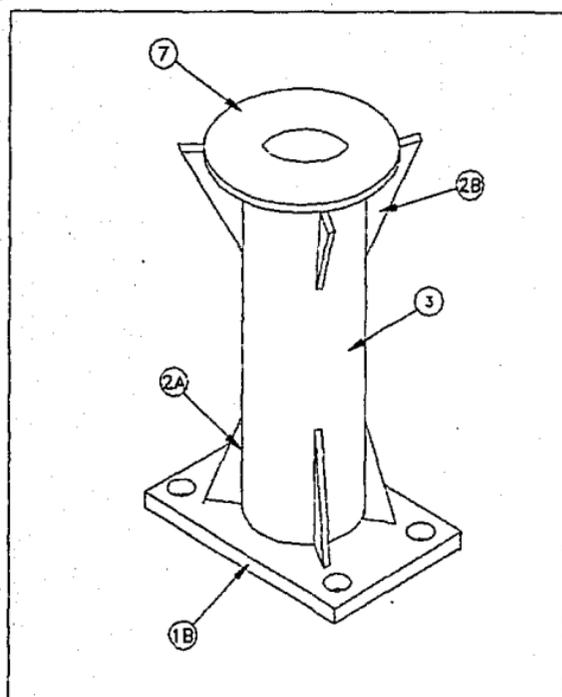
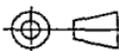


PIEZA: Sist. de orientación

MATERIAL:

ACOT:

ESC: s/e

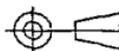


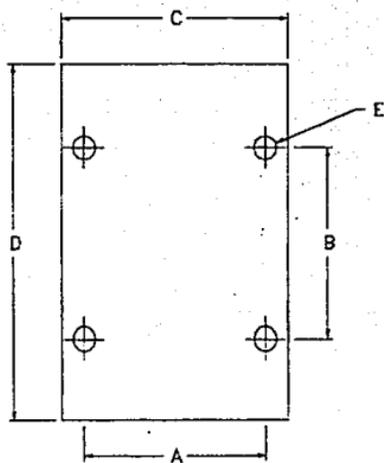
PIEZA: Sist. de sustentacion

MATERIAL:

ACOT:

ESC: s/e





(ver planos de conjunto)

No.	COTA A	COTA B	COTA C	COTA D	COTA E	CANT.	ESPESOR
1A	300	300	400	600	6.35	1	9.525
1B	320	450	400	600	31.75	1	19.05
2	138	138	190	190	6.35	2	9.525

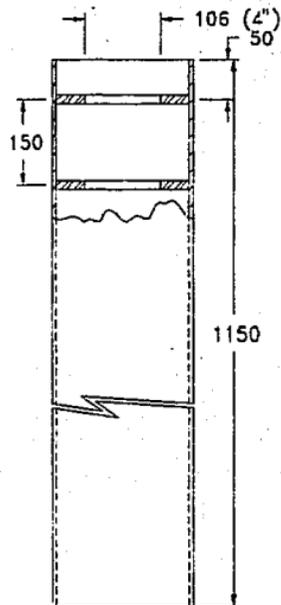
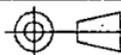
PIEZA: Placas de sujeción

Plano 1

MATERIAL:
Acero AISI-C1010

ACOT: mm

ESC: s/e



NOTA:
Dos discos en
la parte sup.
de AISI-C1010
12.7 espesor.

PIEZA: Pedestal

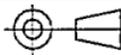
CANT: 1

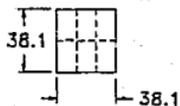
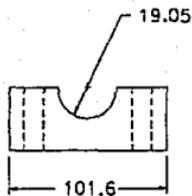
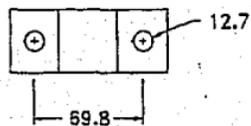
Plano 2

MATERIAL: Tub. mec 7"
ced. 40 AISI-1030

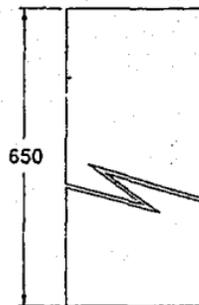
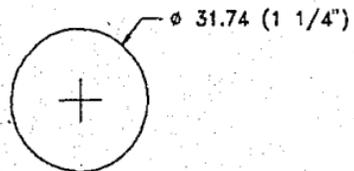
ACOT: mm

ESC: s/e

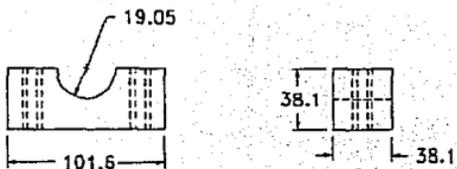
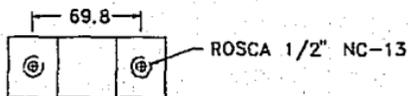




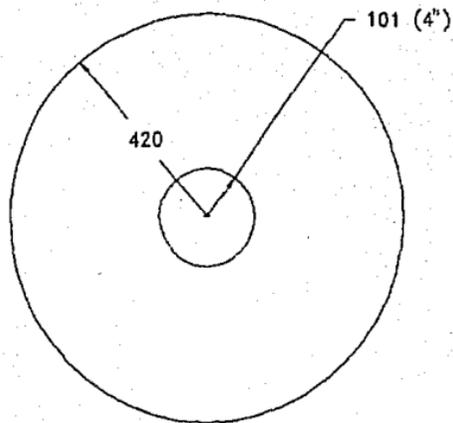
PIEZA: sujetador remov.	CANT. 3	Plano 3
MATERIAL: Acero AISI-C1010	ACOT: mm	
	ESC: s/e	



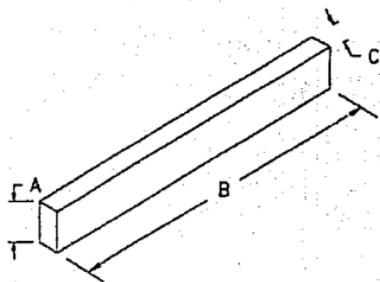
PIEZA: Piv. de elevación	CANT: 1	Plano 4
MATERIAL: Acero AISI-C1015	ACOT: mm	
	ESC: s/e	



PIEZA: Sujetador fijo	CANT. 3	Plano 5
MATERIAL: Acero AISI-C1010	ACOT: mm	
	ESC: s/e	



PIEZA: Disco sup.	CANT: 1	Plano 6
MATERIAL: Placa de acero AISI-C1010 DE 1/2"	ACOT: mm	
	ESC: s/e	



No.	COTA			CANT.
	A	B	C	
4A	127	800	64	2
4B	75	470	50	1

PIEZA: Vigas de elevación

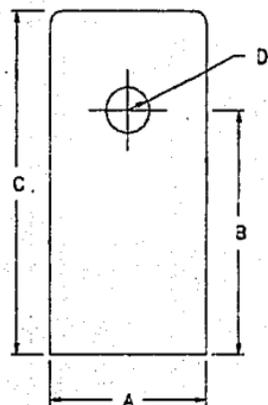
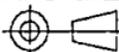
Plano 7

MATERIAL:

PTR

ACOT: mm

ESC: s/e



No.	COTA				CANT.
	A	B	C	D	
6A	55	90	140	7.94	1
6B	55	175	200	15.9	1

PIEZA: Orejas

Plano 8

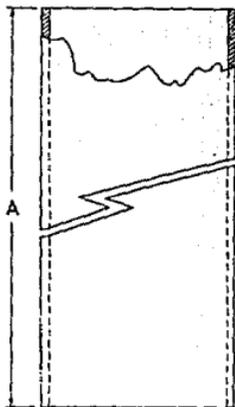
MATERIAL:

Acero AISI-C1010

ACOT: mm

ESC: s/e





No.	CANT.	COTA A			MATERIAL
		LDNO.(mm)	DIAM. EXT. (mm)	DIAM. INT.(mm)	
8A	1	300	101.6 (4")	CED. 40	Tubo mecánico
8B	1	83.5 (2.5")	85.72 (3.375")	85.09 (2.563")	Acero AISI-C1010
8C	1	101.8 (4")	65.06 (2.565")	41.28 (1.625")	Latón

PIEZA: Bujes (ver planos de conjunto)

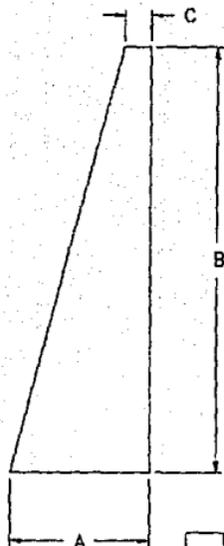
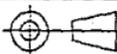
Plano 9

MATERIAL:

Especif. del racudro

ACOT: mm

ESC: s/e



No.	COTA			CANT.
	A	B	C	
2A	160	470	30	4
2B	100	260	15	4

PIEZA: Escuadras

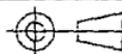
Plano 10

MATERIAL:

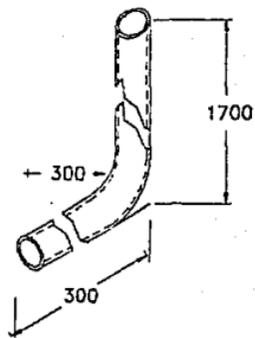
Acero AISI-C1010

ACOT: mm

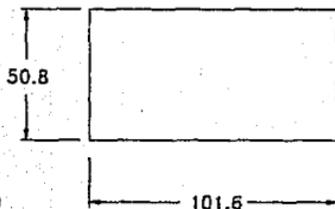
ESC: s/e



Pza No. 15
 Mat. Tubo normalizadp
 cedula 40
 Diametro ext. 2 3/8



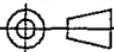
Pza. No. 10
 cant. 10
 Mat. Ac-C1010



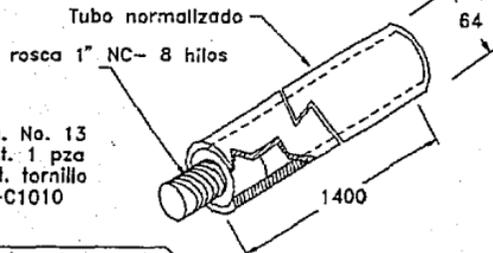
Plano 11

MATERIAL:
 Ver lista de partes

ACOT: mm
 ESC: s/e

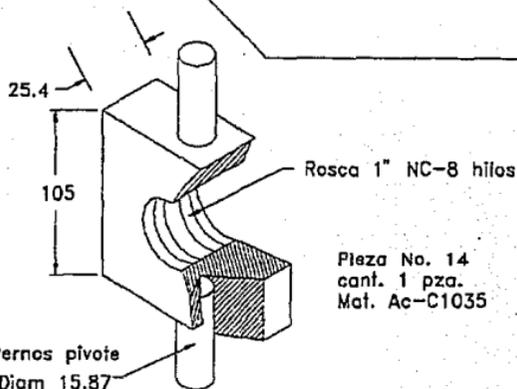


Pza. No. 13
 cant. 1 pza
 mat. tornillo
 Ac-C1010



Pieza No. 14
 cant. 1 pza.
 Mat. Ac-C1035

Pernos pivote
 Diam 15.87



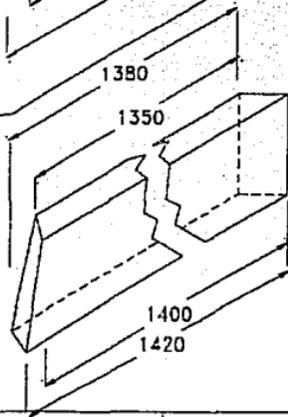
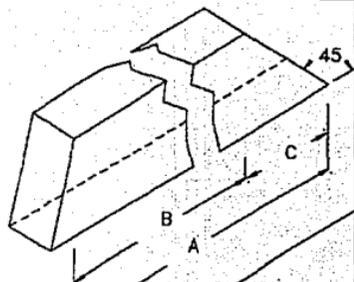
Plano 12

MATERIAL:
 Ver lista de partes

ACOT: mm
 ESC: s/e



Pza No.	Cant	Colas		
		A	B	C
11	1	1440	1310	100
11A	1	680	620	000



Pieza No. 12

Cant. 2 Pzas.

Plano 13

MATERIAL:
PTR 4 x 2" espesor 1/8

ACOT: mm

ESC: s/e

