



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA
División de Ingeniería Civil, Topográfica
y Geodésica

28
52

**“ CONSTRUCCION E INSTALACION DEL SISTEMA DE
AIRE ACONDICIONADO EN LA NUCLEOELECTRICA
LAGUNA VERDE ”**

TESIS PROFESIONAL

ELABORADA PARA OBTENER EL TITULO DE;
INGENIERO CIVIL

POR

José Trinidad Chavero Miranda

MEXICO, D. F.

MAYO 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

CONSTRUCCION E INSTALACION DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
EN LA PLANTA NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.
- 3.- CONDICIONES PARA LA CONSTRUCCION.
- 4.- PLANOS DE DETALLE.
- 5.- CONTROL EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.
- 6.- CONCLUSIONES.

I N D I C E .

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
 - 2.1. SISTEMA
 - 2.2. IDENTIFICACION DE UN SISTEMA.
 - 2.3 CATEGORIA DE CONSTRUCCION.
 - 2.4. CLASIFICACION SISMICA Y DE SEGURIDAD.
 - 2.5. SISTEMAS SUJETOS A PRUEBAS CUANTITATIVAS Y NO CUANTITATIVAS
 - 2.6 EDIFICIOS CON SISTEMAS SISMICOS Y NO SISMICOS
- 3.- CONDICIONES PARA LA CONSTRUCCION.
 - 3.1. CONDICIONES GENERALES.
 - 3.2. SOLDADURA.
 - 3.3. TOLERANCIA.
 - 3.4. CONEXIONES FLEXIBLES.
 - 3.5. DEFLECTORES.
 - 3.6. PENETRACIONES PARA MUROS Y LOSAS.
 - 3.7 SOPORTADO EN DUCTOS.
 - 3.8. DUCTOS DE CONSTRUCCION NORMAL.
 - 3.9. DUCTOS DE CONSTRUCCION ESPECIAL.
- 4.- PLANOS DE DETALLE.
 - 4.1. FORMAS CONSTRUCTIVAS DE DUCTOS
 - 4.2. PLANOS DE INSTALACION.
 - 4.3. PLANOS DE TALLER.

5.- CONTROL EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

5.1. CONTROL DE DOCUMENTOS TECNICOS.

5.2. CONTROL DE REVISIONES.

5.3. MODIFICACIONES EN EL CAMPO.

5.4. PROGRAMA DE CONSTRUCCION.

6. CONCLUSIONES.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Esta Tesis es una parte del trabajo desarrollado para la construcción del sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, denominado H.V.A.C. (Heating, Ventilation and Air Conditioning) de la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde, Veracruz.

Se expondrán los detalles para la fabricación e instalación de dicho sistema, basándose en las especificaciones técnicas aplicables a ésta rama y a las condiciones propias de la Planta.

El punto de partida para el desarrollo de éste trabajo es la aplicación de la tecnología y experiencia de otros países ya avanzados en la rama nuclear.

Para éste caso los detalles constructivos son a partir de un diseño básico dado en especificaciones, instrucciones, procedimientos y planos, de ahí que la ingeniería de detalle se ve limitada por la ingeniería de diseño; que tiene la última palabra para modificar el diseño original.

Dada la importancia y delicadeza de ésta obra, tanto la ingeniería de diseño como de detalle, trabajan conjuntamente con el área de Garantía de Calidad para llevar a cabo el cumplimiento de los requerimientos mínimos establecidos por ésta, para la seguridad de una Planta Nuclear durante su construcción y operación.

El sistema H,V,A,C., que se refiere a un sistema de ductos ó envolvente de lámina, así como sus accesorios y componentes que de alguna forma están relacionados en la conducción de aire, ya sea para ventilar ó acondicionar, es uno de los sistemas más importantes en la operación de la planta.

De acuerdo con su ubicación, funcionamiento e intervención en la seguridad de la Planta Nuclear, dicho sistema se ha dividido en: Construcción Normal y Construcción Especial, que serán identificados y explicados en cuanto a la diferencia de su diseño y requerimientos a cumplir de acuerdo a el área de Garantía de Calidad,

No obstante de ser un tema de aire acondicionado se logran desarrollar todos los detalles para la construcción de dicho sistema ya que como se dijo anteriormente, se parte de un diseño básico dado, tal como: localización de ductos, elevaciones, secciones, gastos, temperaturas, salidas de difusores y rejillas, compuertas, equipos, etc. Todo esto aunado a especificaciones, normas, procedimientos, etc., forman un tema propio de una ingeniería de detalle que genera planos de instalación y procedimientos específicos de construcción.

Dependiendo de la clasificación constructiva y del grado de seguridad, existen aportaciones al diseño como en los sistemas de construcción normal, que se permite diseñar y localizar pequeñas estructuras de soportado en ductos, así como algunos otros detalles constructivos que son sometidos a aprobación.

Los detalles mostrados para la fabricación de ductos, tanto los especificados, como los propuestos, son dados a través de una Guía de Diseño y Planos de Taller, también llamados Hojas de Ruta, que es el resultado de la interpretación de las normas, especificaciones y planos, con el fin de que sea manejable para las personas involucradas en dichas actividades.

Por otro lado, se explicará la función del Plano de Taller ó Hoja de Ruta, así como el control e interfase de diseño como parte medular de los requerimientos de Plantas Nucleares. Dadas las circunstancias de ésta obra, el diseño original se ha adaptado y modificado a las condiciones actuales de campo, originando así una coordinación estrecha entre las áreas de diseño, fabricación e instalación y es por ésto que también se hace mención a los procedimientos y alternativas de solución tomadas en éste proceso.

Se hará mención a la intervención del área de Garantía de Calidad para la vigilancia de la implementación y cumplimiento de instrucciones, procedimientos y planos, etc., aplicables al proceso constructivo para asegurar que el sistema trabajará satisfactoriamente durante la operación de la Planta y que a su vez sirve de retro-alimentación mediante auditorías técnicas que ayudan a corregir las deficiencias en dicho proceso.

CAPITULO 2

2.- IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

2.1. Sistema.- Para definir lo que es un sistema, veamos primero lo que es un pre-sistema, es un grupo de ensambles ó componentes ó ambos combinados para desarrollar una sola función; entonces un sistema es un grupo de sub-sistemas unidos por alguna interacción ó interdependencia desarrollando varios trabajos, pero funcionando como una sola unidad.

En éste caso el sistema H.V.A.C., comprende en realidad un conjunto de sistemas ya que cada edificio tiene sus propios sistemas, ya sea de aire acondicionado ó de ventilación.

2.2. Identificación de un sistema.- Para identificar un sistema HVAC se hace mediante una "flecha de sistema" ó "flecha de clase" la cuál será puesta flujo-abajo ó ductos de inyección y flujo-arriba, ductos de retorno ó extracción, cómo se muestra en la figura 2.2.a.

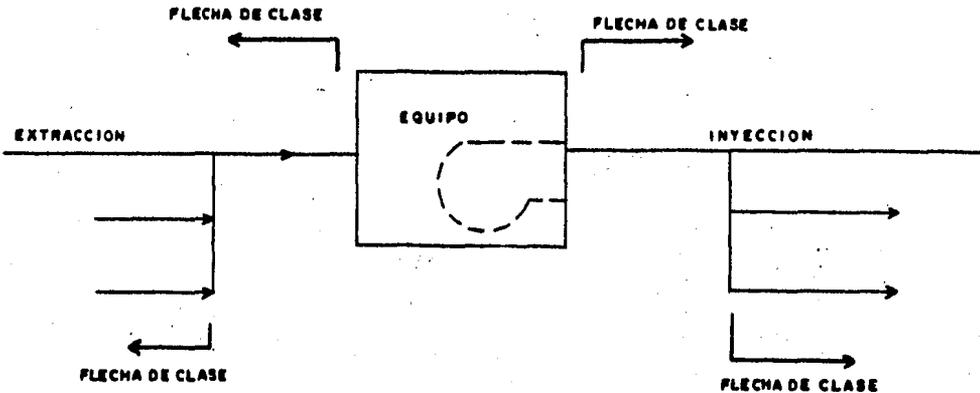


FIGURA 2.2 a

Debido a que en un sistema se pueden encontrar varias flechas de clase que varían las condiciones del diseño, la flecha de clase es mandatoria, hasta encontrar una nueva y así sucesivamente.

La flecha de clase muestra en la parte superior izquierda de la línea horizontal, el prefijo del sistema que se refiere a la identificación del edificio a la cuál corresponde ése sistema, con la siguiente nota ción:

- R - Edificio de Reactor
- C - Edificio de Control
- T - Edificio de Turbina
- D - Edificio de Generadores Diesel
- G - Edificio de Tratamiento de Agua
- W - Edificio de Desechos Radiactivos.
- N - Edificio de Servicio de Agua Nuclear.

Aunado a la identificación del edificio, muestra también la función que desarrolla dicho sistema, cómo: manejo de aire, retorno, extracción ó - toma de aire exterior, con la nomenclatura más usual: MA, mezcla de aire, EA, extracción de aire, RA, retorno de aire, etc.

Seguido del prefijo del sistema, sobre la misma línea de la flecha, se muestra la categoría de construcción que va a influir directamente en las especificaciones de diseño, particularmente a las condiciones estructurales de los ductos, tales como: calibre de lámina, ángulos para bridas y refuerzos, tipos de soldadura, etc., tema que será tratado -- más adelante.

Otro dato que aparece en la flecha de clase es, la relación de seguridad del sistema y sus divisiones con la notación: SI, SII, SIII. Esta parte de la identificación del sistema es más importante realmente para el área de Garantía de Calidad, ya que dentro de los requerimientos nucleares existen criterios pre-establecidos para la vigilancia de la construcción de éstos sistemas.

La otra parte que muestra la "flecha de clase" abajo de la línea horizontal, se refiere a la presión de prueba del sistema, (parte izquierda) ésto es, que el sistema deberá ser previamente probado antes de entrar en operación, con el fin de evitar fugas de aire en áreas dónde así lo requiera.

Esta presión de prueba está dada en pulgadas de columna de agua. Seguido de éste dato tiene anotado la fuga permisible que está dada en milésimas de pies cúbicos por minuto por cada pie cuadrado de ducto ó su perficie de encierro.

Por último la "flecha de clase" muestra el tipo de material a usar en la construcción de ductos, sólo cuándo es diferente de acero galvanizado que puede ser: acero al carbón (CS), acero inoxidable (SS) ó aluminio (AL).

2.3. Categoría de construcción.- Una de las partes importantes a considerar en lo mostrado por la "flecha de clase" es la categoría de construcción, que viene a determinar las características constructivas, basándose en parte a la presión interna del ducto dada en columnas de pulgadas de agua, (wg) y también por su clasificación nuclear, sísmica y de seguridad, ésto dá como resultado dos tipos de construcción: Normal y Especial, que estan comprendidos como sigue:

LP - Construcción Normal	(Low Pressure)	(0-6 in wg.)
MP - Construcción Normal	(Medium Pressure)	(6-10 in wg.)
A - Construcción Especial	-----	(0-3 in wg.)
B - Construcción Especial	-----	(3.1.-6.5 in wg.)
C - Construcción Especial	-----	(6.6 -13.5 in wg.)
D - Construcción Especial	-----	(13.6-20.5 in wg.)
E - Construcción Especial	-----	(20.6-27.5 in wg.)
N - Construcción Normal	-----	Ductos circulares.

Las categorías de construcción de la A a la E y LP, MP se describen -- por medio de tablas para determinar las características de los ductos de acuerdo a su sección, como son: distancia entre refuerzos, angula-

res de bridas, calibre de lámina, etc., además dependiendo del tipo de construcción, normal ó especial, será la aplicación de los requerimientos de Garantía de Calidad, ya que en realidad la diferencia mayor entre los dos tipos constructivos está en el cumplimiento y aplicación de dichos requerimientos. La diferencia en cuanto a su diseño será tratada posteriormente.

2.4.- Clasificación sísmica y de seguridad.

La clasificación de clase de seguridad es uno de los temas medulares en ésta obra, puesto que gran parte de la filosofía nuclear está basada en dicho tema, que además sería demasiado extenso si fuera el objeto de éste trabajo, por lo que diremos de una forma sencilla a que se refiere.

Existen básicamente tres niveles de seguridad:

Clase 1.- Se aplica a aquellos sistemas que están en contacto directo con el proceso de enfriamiento del reactor, ésto es cualquier componente y tubería que no puede ser aislado de la cortina de agua de enfriamiento.

Clase 2.- Generalmente es aplicable a los sistemas auxiliares del reactor, que no son parte del proceso de enfriamiento de éste, pero la cuál está en comunicación directa con dicho proceso.

Clase 3.- Usualmente es aplicable a sistemas que soportan los sistemas de clase 2, sin ser parte de ellos.

Para nuestro caso el sistema HVAC, es un sistema que contiene partes con clase de seguridad 3 y otras partes no están relacionadas con la seguridad. Esto no quiere decir que las partes del sistema HVAC, relacionadas con la seguridad estén soportando a los sistemas de clase 2, pero si de alguna forma ó otra intervienen en el funcionamiento de éstos o simplemente se encuentran en áreas donde existen elementos de

clase 3.

Los sistemas de ductos que tienen clase de seguridad 3, están dados por ingeniería mediante los planos de diseño básico. Por otro lado los estados de seguridad están asignados por divisiones ya mencionados como parte de la notación en la "flecha de clase", que se refiere a la división I, II, III, esto es que un sistema puede estar conectado a una fuente de energía de emergencia I, II, III ó a ambos a la vez,

Las condiciones sísmicas es otro concepto que interviene en la identificación de un sistema que se relaciona con las estructuras de soportado de dichos sistemas, en éste caso los sistemas de ductos también tienen partes que son sísmicas y otras que no lo son, aquéllos que tienen condiciones sísmicas están denominados como sísmicos, categoría I, Estas condiciones sísmicas están relacionadas con las clases de seguridad y están definidas en el Código ASME, Sección III y la guía regulatoria de la Comisión Reguladora Nuclear (NCR), así como por el Código Federal de Reglamentos, Parte 50 del capítulo 10 (CFR),

Estos últimos lo enfocan a través de normas y criterios que son implementados y vigilados mediante un programa de Garantía de Calidad, por lo que ASME (American Society of Mechanical Engineers) Secc. III, en base a éstas normas y criterios, nos dice que; la clasificación de categoría sísmica I es aplicable a estructuras relacionadas con la seguridad, sistemas y componentes de una Planta Nuclear incluyendo sus funciones y soportes, diseñados para resistir los efectos de una catástrofe sísmica y permanecer funcionando de acuerdo como lo definen las normas pre-establecidas por la NCR y 10 CFR 50. Al igual que la clase de seguridad existen algunos sistemas de ductos que tienen categoría sísmica I, también pre-establecido por la ingeniería de diseño a través de los planos y las estructuras de soportado que son de dos tipos: Tipo guía, ésta estructura permite movimientos a los ductos sólo en sentido longitudinal y el tipo ancla, que restringe el movimiento de ductos, tanto en sentido longitudinal como en el sentido transversal; la nomenclatura y detalles de éstos soportes serán mostrados en el Capítulo 4.

2.5.- Sistemas sujetos a Pruebas Cuantitativas y No-Cuantitativas.-

Todos los sistemas de ductos, deberán ser probados antes de entrar en operación para evitar fugas y a la vez contaminación en áreas -- específicas. Existen dos tipos de pruebas de fugas: la prueba cuantitativa y no-cuantitativa.

La prueba cuantitativa está definida por la notación de la "flecha de clase" ya explicada con anterioridad. Si ésta muestra en la parte inferior de la línea horizontal anotaciones numéricas, entonces es una prueba cuantitativa, cuando dicha flecha no lo indica, entonces es una prueba no-cuantitativa. Como su nombre lo indica la --- prueba cuantitativa en un sistema de ductos será aquella fuga medible obtenida mediante un procedimiento establecido y pueda ser comparada con una fuga permisible especificada. En éste caso existe, -- la opción de utilizar dos diferentes procedimientos para obtener -- dicha fuga, uno por caída de presión y el otro por orificio calibrado. La decisión de utilizar un procedimiento u otro depende de lo -- complicado que resulte así como el costo de la instalación del equipo requerido.

La diferencia principal entre un procedimiento y otro es que por -- orificio calibrado se basa en lecturas de diferencias de presiones -- a través de un orificio y se compara con la curva de calibración -- del orificio para determinar el volumen de fuga de aire. El procedimiento de caída de presión se basa en lecturas de temperaturas y -- presión a intervalos que son datos utilizados en la aplicación de -- una fórmula dada y así obtener la fuga en el sistema. Cuando la fuga obtenida por cualquier procedimiento excede la fuga permisible, -- deberán detectarse mediante gas halógeno ó con jabonadura y así poder corregir los defectos, tales como; falla en soldadura, empaques etc.

La prueba no-cuantitativa puede llevarse a cabo por cualquiera de los dos procedimientos descritos anteriormente, sólo que la fuga puede ser detectada por simple inspección auditiva o sensitiva en la mano.

El cumplimiento de ésta prueba será cuando resulte satisfactorio para el ingeniero supervisor.

2.6.- Edificios con sistemas sísmicos y no sísmicos.-

Los edificios que contienen sistemas con categoría sísmica I son:

Edificio de Reactor, Control, Generadores Diesel y Servicio de agua-nuclear.

Los edificios con sistemas no-sísmicos son:

Edificio de Turbina, Tratamiento de aguas, Desechos radiactivos y Control.

Como puede observarse el edificio de Control, contiene tanto sistemas sísmicos como no-sísmicos. Generalmente cuando un sistema está clasificado con categoría sísmica I, es un ducto de construcción especial y si no tiene categoría sísmica I, es un ducto de construcción normal, aunque puede suceder que un sistema que no tiene categoría sísmica I y que no es relacionado con la seguridad, requiera ser construido como especial como es el caso de algunos sistemas del edificio de Desechos Radiactivos, ya que la ingeniería de diseño especifica que la construcción especial se aplica cuando:

- a).- Los ductos son relacionados con la seguridad.
- b).- Los sistemas de ductos son de limpieza de aire.
- c).- Ductos con categoría sísmica.
- d).- Ductos no-sísmicos pero que requieren soportes sísmicos.
- e).- Todos los ductos dentro del edificio de Reactor.
- f).- Ductos de contención o sistemas de purga de hidrógeno.

Para ejemplificar la identificación de un sistema, vemos el caso de las figuras 2.6 (a) y 2.6 (b).

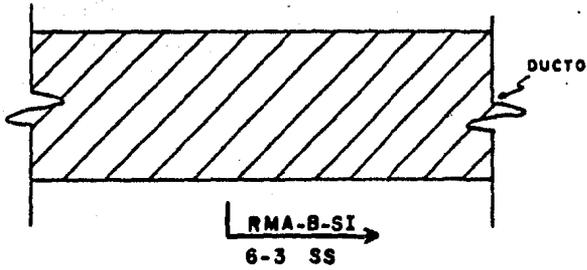


FIGURA 2.6 a

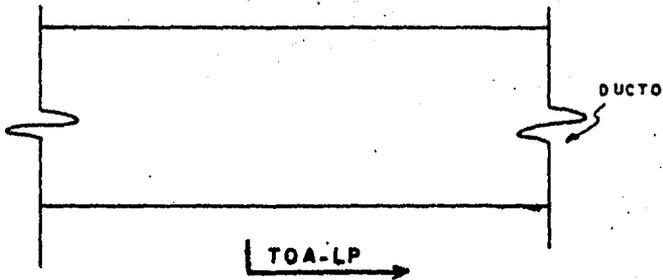


FIGURA 2.6 b

En la figura 2.6 (a), tenemos un sistema del edificio de Reactor (R) que viene de una manejadora de aire (mixed air) su categoría de construcción es B, construcción especial, tiene una prueba de presión de 6 pulgadas de columna de agua (wg), con una fuga permisible de 0.003 CFM (pies cúbicos por minuto) por cada pie cuadrado de ducto el material deberá ser acero inoxidable (stainless steel) - (SS), además cuando el ducto está ashurado en un sólo sentido es un ducto sísmico, categoría I, con la división SI. Si el ducto estuviera ashurado en los dos sentidos entonces sería un ducto sísmico categoría I y no relacionado con la seguridad.

En la figura 2.6 (b) tenemos un ducto del edificio de Turbina (T) es un sistema de toma de aire exterior (out side air) su categoría de construcción es LP (low pressure), construcción normal, es un ducto de prueba no cuantitativa, puesto que no marca presión de prueba ni fuga admisible, como no tiene marcado el tipo de material éste será de acero galvanizado, además es un ducto no-sísmico y no relacionado con la seguridad ya que no tiene líneas de ashurado.

CAPITULO 3

3.- CONDICIONES PARA LA CONSTRUCCION.

3.1. Condiciones generales.-

Para establecer las condiciones de diseño que deberá seguir el proceso constructivo de un sistema de ductos, veamos primeramente los materiales más usados, así como la referencia a las normas que deberán cumplir dichos materiales, los cuáles son especificados por la ingeniería de diseño, tales como:

Acero inoxidable (stainless steel) que deberá ser de acuerdo a la norma ASTM-A 666 ó A 240.

Acero al carbón, de acuerdo a la norma ASTM- A -36 para perfiles estructurales.

Acero galvanizado, según la norma ASTM- A 526 ó A 527 con designación de recubrimiento G-90.

Tornillos, tuercas y arandelas ASTM- A-36 para acero al carbón y AISI-304 ó 302, para acero inoxidable.

Telas flexibles fairprene NN-003, fabricado por DU-PONT.

Selladores para ductos de construcción especial: Silicón rubber RTV-74 03, con primario (primer) SS-4120 fabricado por General Electric, Co. ó silastic 738 RTV con 1200 RTV de recubrimiento primario.

Ductos de construcción normal; Sellador EC-800 fabricado por Minnesota Minign and Manufacturing Co.

Pintura de retoque en acero galvanizado con carbozinc 11.

Empaques; ASTM-D 1056 grado SCE-43 y 45, neopreno de 1/4" de espesor.

Debido a que algunos materiales no son fabricados en nuestro país, se han substituído por materiales con características similares, tales -- como: los adhesivos que han sido substituídos por resistol 5000, así -- como los selladores que son silicones de uso comercial en nuestra in-- dustria y fabricados en México.

Veamos ahora sus condiciones de operación que con la excepción de algu nos elementos, cómo empaques, selladores y telas flexibles para conec-- tores, los cuáles requieren tempranamente ser reemplazados. Los mate-- riales y componentes deberán ser diseñados para cuarenta años de opera-- ción en condiciones especificadas como operación normal.

El equipo relacionado con la seguridad, en adición a lo mencionado en-- éstos requerimientos, será diseñado para un año de continúa operación-- en lo especificado como condiciones de post-accidente.

Deberá entenderse que lo mencionado anteriormente es aplicable cuándo hablamos de "sistema de ductos" "ductos" y "lámina" que se usa inter-- cambiamente a ductos, cajas ó gabinetes, plenums, uniones de ductos, salidas y entradas de aire, compuertas de balanceo, soportes, incluyen do soportes sísmicos, conectores flexibles y todos los accesorios rela-- cionados para un sistema completo.

Por otro lado en el inicio del proceso constructivo deberán hacerse to-- dos los trazos y medidas necesarias en el sitio, de tal forma que la -- fabricación de ductos deberá coincidir con las condiciones actuales de-- los edificios.

Los planos de taller deberán someterse a aprobación y aceptación antes de la fabricación y deberá incluirse por lo menos lo siguiente:

- a).-Una guía de detalles constructivos y accesorios de lámina.
- b).-Los planos deberán mostrar plantas y secciones, cuándo sea necesario conteniendo: localización, elevaciones, tamaño de ductos, número de-

identificación de las uniones, calibres de lámina, espesores de placa, localización y tamaño de bridas, colgantes y localización de soportes-sísmicos, tamaño y espesores de miembros de refuerzo, etc.

Posteriormente se verá que ésta información se divide, entre lo contenido en los planos de taller y los planos de instalación.

c).- Los planos deberán ser trazados a doble escala de lo que muestran los planos del diseño original ó básico.

La superficie interna de los ductos deberá ser suave para evitar obstrucciones en el flujo del aire, dichos ductos deberán tener una buena limpieza y acabado así como una rigidez suficiente para evitar vibraciones y ruido, además deberán estar libres de agujeros, abolladuras, ondulaciones ó abombamientos. Las uniones deberán estar completamente limpias y cuadradas, removiendo todas las rebabas de los cortes.

Los empaques serán de 1/4" de espesor que serán usados en todas las uniones atornilladas tales como: unión de bridas y fijación de ductos, ó cajas al concreto.

Para ductos de extracción en áreas de lavanderías ó duchas, que están sujetos a humedad interna deberán tener una pendiente para permitir el drenaje, colocando una válvula de 3/4" en el punto más bajo. Además en éste tipo de ducto el material es generalmente acero inoxidable.

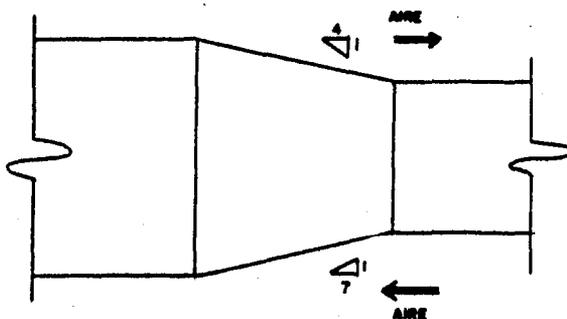
Los ángulos de bridas y refuerzos de espesor 1/8" puede ser substituído por lámina calibre 10, manteniendo sus dimensiones del ángulo especificado para no alterar su módulo de sección. En el caso de ductos circulares en diámetros de 12" y menores, no es posible rolar el angular para formar las bridas, ya que las características del equipo no lo permite, por lo que dichas bridas deberán formarse en dos partes, ya sea de placa ó lámina calibre 10, dependiendo del espesor requerido.

En lo que respecta a codos y transiciones deberán ser de construcción soldada, sin embargo existen casos donde no se ha podido cumplir con esta condición debido a que se tienen ductos en transición demasiado grandes que no pueden ser introducidos como una sola pieza en el edificio, como es el caso en Turbina, donde dichas transiciones fueron divididas en dos partes atornilladas, para ser instalados.

Por lo general las pendientes en los ductos de transición deberán ser de $1/4$ en ductos convergentes, tomando como referencia la dirección del flujo del aire y de $1/7$ en transiciones divergentes.

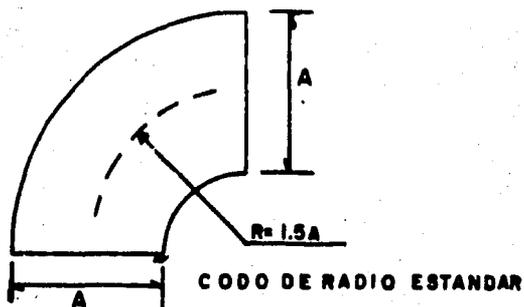
Para los codos deberá tomarse un desarrollo con un radio de 1.5 veces el lado que es el ancho de dicho codo.

Ver figuras 3.1 (a) y 3.1 (b).



TRANSICION

FIGURA 3.1a



CODO DE RADIO ESTANDAR

FIGURA 3.1b

Obviamente existen variaciones en éste tipo de ductos, debido a las restricciones propias de la obra, tales como: limitaciones de espacio, interferencias, etc. Esto origina que se tomen otras consideraciones en el diseño como en el caso de los codos de radio corto.

Por otro lado tomando en cuenta las dimensiones comerciales de la lámina y las especificaciones de diseño, se ha establecido que los ductos rectos deberán tener una longitud de 1230 mm., para ductos de construcción especial y de 1200 mm., para ductos de construcción normal, siempre y cuando no exista alguna razón para aumentar o disminuir dichas longitudes ya que las dimensiones de la lámina son de 48" x 120" (pulgadas).

La otra parte a considerar son las estructuras de soportado en ductos de construcción normal es decir, soportes no-sísmicos no relacionados con la seguridad, que deberán ser localizados por la ingeniería de detalle basándose en las especificaciones generales de la ingeniería de diseño ó dichos soportes son localizados evitando interferencia con bridas, refuerzos, difusores, rejillas, etc. Seguido de esto deberán ser replanteados topográficamente en la obra, para evitar interferencias con otros sistemas como tuberías, líneas eléctricas, estructuras de otros soportes, etc.

3.2.- Soldadura.

Una de las consideraciones más importantes en el diseño y construcción de ductos, tanto en construcción especial como normal, es la soldadura utilizada en uniones longitudinales, bridas, refuerzos, derivaciones, etc., ya que ésta viene a desempeñar funciones estructurales (como en el caso de bridas y refuerzos) y de sello (uniones longitudinales y transversales). Las soldaduras utilizadas en la construcción de ductos deberán cumplir con los requerimientos -- del AWS (American Welding Society) específicamente con el D-1-1 - edición 1975, según lo especificado por la ingeniería de diseño.

Por estar considerado como un proceso especial de acuerdo con lo establecido por el Código Federal de Reglamentos "Criterios de Garantía de Calidad" (10 CFR 50) Apéndice B, implica que uno de los requerimientos es establecer un procedimiento que deberá ser calificado, así como el personal involucrado en ésta actividad, la calificación de dicho procedimiento se hace a través, de muestras en este caso se calificó dicho procedimiento en espesores de 1.63 mm. a 12.7 mm., en soldadura de bisel y todos los espesores para soldadura de filete. El procedimiento utilizado en la fabricación e instalación de ductos es el denominado, PS-003 que se realiza por medio de una máquina semi-automática (Mig) por el proceso GMAW (Gas Metal Arc Welding) donde interviene un material de aporte (hilo de soldadura), en éste caso con diámetros de 0.8 a 1.2 mm. y un gas (Argón-Co₂).

Este proceso es el más utilizado para soldar lámina y acero galvanizado, como el mencionado con anterioridad que es ASTM- A36 con elementos galvanizados en caliente por inmersión directa según ASTM A 123, así como lámina de acero al carbono ASTM A 526 galvanizada en proceso continuo según ASTM- A 525 grado de recubrimiento G 90, esto es lo referente al metal base, veamos ahora lo especificado para el material de aporte, que será hilo continuo de acero al carbono, según la especificación SFA 5018 del Código ASME, Sección II Parte C y clasificado en el grupo de materiales F-6 de ASME, Sección IX.

Por otro lado, deberá cumplirse que todas las soldaduras a tope deberán ser a penetración completa, así también deberá soldarse en dirección ascendente para calibre 16 (6 espesor equivalente) y espesores mayores y en dirección descendente para espesores menores de calibre 16.

Para espesores de 1/4" y menores no será necesario remover la capa de zinc del galvanizado ya que los soldadores se califican en estas condiciones, es decir con acero galvanizado.

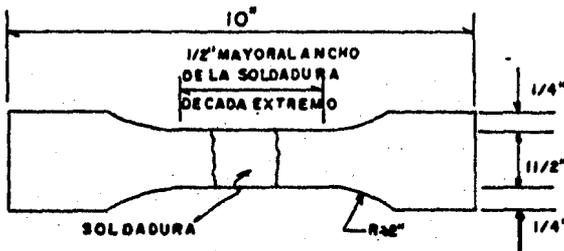
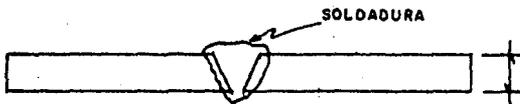
Todas las soldaduras deberán recibir una inspección completa de acuerdo como lo indica el AWS- D.1-1-75 tal cómo: no tener grietas, cráteres, - falta de fusión. Todas las soldaduras, así como las superficies dónde - ha sido removida la capa de zinc del galvanizado deberán ser retocadas- con pintura carbozinc 11. Los medios mecánicos utilizados en la limpie- za de ésta soldadura es por medio de esmerilado, cepillo de alambre, -- cardas, etc.

Para el caso de la calificación del procedimiento, éste se somete a dos tipos de pruebas de tensión y de dobléz, sacando varios especímenes de- una muestra, tal como se ejemplifica en la Fig. 3.2 (a) y 3.2 (b).

PZA. NO		UTILIZABLE
SECCION REDUCIDA		PARA TENSION
PARA DOBLEZ		DE RAIZ
PARA DOBLEZ		DE CARA
PARA DOBLEZ		DE RAIZ
PARA DOBLEZ		DE CARA
SECCION REDUCIDA		PARA TENSION
PZA. NO		UTILIZABLE

PROBETA PARA
ESPECIMENES DE PRUEBA

FIGURA 3-2a



ESPECIMEN PARA
TESION DE SECCION
REDUCIDA

FIGURA 3-2 b

Para la calificación del personal (soldadores), ésto se hará a través de muestras que son sometidas a pruebas radiográficas y ésto se aplica para placas menores en espesor al calibre 16 con una longitud de cordón de soldadura de 12", tanto en soldadura a traslape como a tope.

Veamos ahora los casos de soldadura más usuales en la construcción de un sistema de ductos:

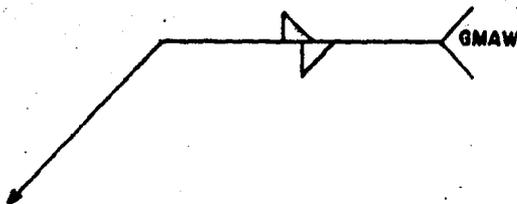


FIGURA 3-2c

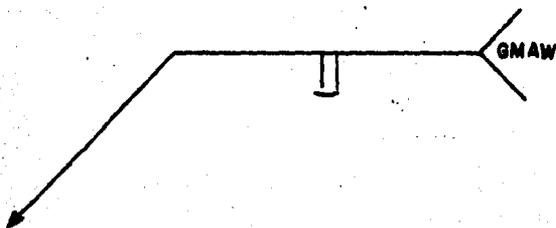


FIGURA 3-2d

La figura 3.2 (c) muestra una soldadura de filete alternada, usada en la colocación de bridas y refuerzos y que también se usa por un soldado continuo que sirve como sello. La figura 3.2 (d) es una soldadura de ranura con acabado cóncavo, utilizada en las uniones longitudinales y transversales de los ductos.

En lo referente al espesor del cordón de soldadura está especificado - que será del tamaño del espesor más delgado de los materiales a unir, pero con un mínimo de 1/8".

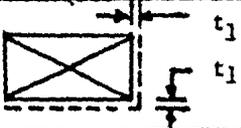
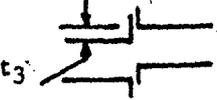
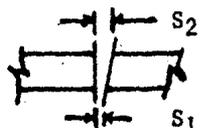
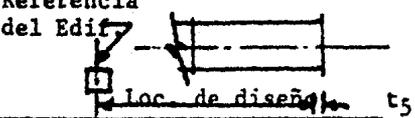
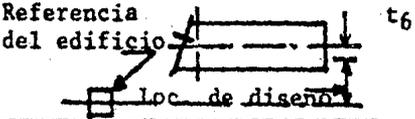
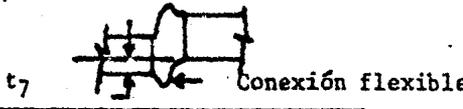
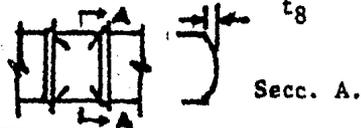
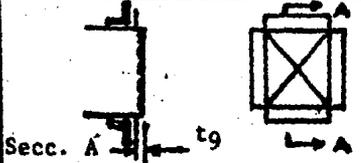
3.3.- Tolerancias.-

Otro aspecto a cumplir dentro del proceso constructivo del sistema de ductos HVAC, son las tolerancias en la fabricación e instalación de dichos ductos, éstas tienen por objeto lograr una mayor calidad y control en dicho proceso.

La figura 3.3 (a), muestra las tolerancias aplicables, tanto para la fabricación como para la instalación.

CAPITULO 3

TOLERANCIAS PARA LA INSTALACION Y/O FABRICACION DE DUCTOS.

DESCRIPCION	TIPO	SIMB	CROQUIS
Ancho, Altura ó Diámetro	F	t ₁	
Fuera de redondez ó descuadratura	F	t ₂	
Alineamiento transversal de uniones atornilladas	F, I	t ₃	
Fuera de paralelismo de dos bridas atornilladas, medida como variación máxima en separación entre dos caras de bridas.	I	t ₄	
Localización longitudinal de las caras de las bridas (Ver Tabla No. 1, Nota 7).	I	t ₅	
Localización al centro de línea (Ver Tabla No. 1 Nota 4).	I	t ₆	
Alineamiento transversal de extremos de ductos, formando una conexión flexible.	I	t ₇	
Deflexión de paneles no soportados	F	t ₈	
Distancia máxima longitudinal de Planos adyacentes en bridas de una unión con pestaña.	F	t ₉	

F= FABRICACION

I= INSTALACION

fig. 3.3. (a)

Para los valores de la figura 3.3 (a) se obtiene como sigue:

Dimensión	Tolerancias en \pm pulgadas.							
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
menor de 12"	0.125	0.250	0.125	0.125	1.500	1.500	0.125	0.200
12" a 24"	0.125	0.500	0.125	0.125	1.500	1.500	0.250	0.375
24" a 36"	0.250	0.750	0.125	0.125	1.500	1.500	0.375	0.500
36" a 48"	0.250	0.750	0.125	0.125	1.500	1.500	0.500	0.750
48" y mayores	0.375	1.000	0.125	0.125	1.500	1.500	0.500	0.750*

NOTAS:

* más 0.063 por cada pie para mayores de 4 pies.

- 1.- La referencia de la dimensión de t_1 a t_7 es el diámetro para ductos circulares y la menor de las dos dimensiones transversales, para ductos rectangulares.
- 2.- La referencia de la dimensión para t_8 es la más larga de las dos orillas del lado del panel no soportado, ésta tolerancia no es aplicable, si el panel tiene dobleces en cruz.
- 3.- Todas las tolerancias están sujetas a reducción cuándo sea necesario, para efectos de una coordinación física con la estructura del edificio, soportes estructurales y otros servicios dónde sea necesario asegurar un correcto ensamble e instalación de ductos y éstos soporten sistemas basados en las condiciones actuales.
- 4.- La localización de diseño deberá ser modificada como se requiera para coincidir con las condiciones actuales del sitio, para líneas que pasan a través de penetraciones del edificio, la tolerancia t_6 -

deberá ser reducida a ± 0.750 de pulgada y referida a centro de línea de la actual penetración.

- 5.- Los valores listados para t_7 son para telas del tipo conexión flexible, para conectores tipo metálico tendrá un máximo de tolerancia de ± 0.063 pulgadas.
- 6.- Las longitudes de las secciones del ducto deberán ser en $\pm .188$ pulgadas de los valores del diseño ó tal que cuándo se ensamble resulte una unión correcta.
- 7.- Los refuerzos deberán ser ± 0.25 de pulgada del extremo más cercano de las uniones.

Obviamente, éstas tolerancias han sido excedidas debido a las características propias de la obra, provenientes de que algunas áreas, tales como la civil y eléctrica tienen más libertades en la construcción é instalación, originando así el tener que sujetarse a las condiciones de como se construyó (" as built ").

El estar fuera de tolerancia implica solicitar, un cambio de diseño el cuál se documenta y se somete a la aprobación de la ingeniería de diseño.

3.4.- Conexiones Flexibles.-

Las conexiones flexibles serán colocadas dónde lo muestren los planos de la ingeniería de diseño, además deberá entenderse que dichas conexiones tendrán la misma seguridad a fugas como los ductos adyacentes.

Para éste caso y por especificación se ha tenido que someter una muestra totalmente terminada para mostrar adhesivos, telas flexibles etc., previamente a ser aprobado por ingeniería de diseño,

Condiciones generales para su fabricación;

- a).- Las uniones longitudinales no deberán estar localizadas en la parte baja horizontal del ducto.
- b).- Las uniones longitudinales deberán localizarse ya sea en la parte superior horizontal ó en los lados verticales del ducto, de tal forma que la fuerza del material flexible traslapado que de en la sección superior.
- c).- Las uniones longitudinales del material flexible deberán realizarse con hilo para trabajo pesado, costurado con un mínimo de cuatro (4) puntadas por pulgada.

Dentro de los objetivos principales de éste tipo de conexión, tenemos: permitir los movimientos relativos entre edificios debido a asentamientos, expansión térmica, efectos sísmicos y separar áreas limpias de áreas contaminadas.

Existen cuatro tipos de conexiones flexibles;

- 1.- Tipo standard - identificado como F.C.
- 2.- Tipo especial - identificado como FC-S.
- 3.- Tipo ducto a muro - identificado como FC-W.
- 4.- Tipo fuelle metálico - identificado como FC-M.

- Conexión flexible standard (F.C.),- Consiste en una capa de 1/16" de espesor de neopreno cubierta con tela nylon, fairprene, NN-003, fabricada por DU-PONT.

La unión longitudinal deberá formarse con un mínimo de (4) cuatro pulgadas de traslape, cementando ésta con adhesivo.

Para secciones rectangulares, los extremos transversales deberán sellarse y asegurarse con zunchos de 1 X 1/4 pulgadas de acero -- galvanizado, en secciones circulares, dichos zunchos deberán ser dobles y con acero inoxidable.

- Conexión flexible especial (FC-S) - consiste en una capa de 3/32" (pulgada) cubierta con tela Nomex, fairprene DX-002, fabricada por DU-PONT.

Las uniones longitudinales deberán hacerse como se indicó para las (F.C.) además reforzando con hilo nomex filament yarn de 1,200 - denier de resistencia con cuatro puntadas por pulgada. Los extremos transversales, tanto en secciones rectangulares como circulares - deberán construirse igual que F. C.

- Conexión ducto a muro -(FC-W).- El tipo de material es igual al especificado para (FC-S) al igual que las uniones longitudinales y sus extremos transversales, la diferencia consiste realmente en los detalles constructivos. Ver fig. 3.4 (a) y 3.4. (b).

- Conexión de fuelle metálico (FC-M),.- El objetivo principal de este tipo de conexión es absorber los movimientos por expansión térmica de los ductos, así como limitar las fuerzas en las conexiones a equipos. El material especificado para éste tipo de conexión es:

- a) Fuelle: ASTM A-240 tipo-321 acero inoxidable,
- b) Angulos para bridas: acero inoxidable con tamaño igual a los ductos 6 tuberías adyacentes.
- c) Forro interno: ASTM A-240, tipo 321 de acero inoxidable, con un mínimo de espesor de calibre 18.

En lo que se refiere al forro interno, éste deberá enfocarse de tal manera que permita la flexión libre del fuelle, así como - evitar el contacto directo del aire con dicho fuelle, proporcionando además una superficie lisa que evita turbulencias en el - flujo.

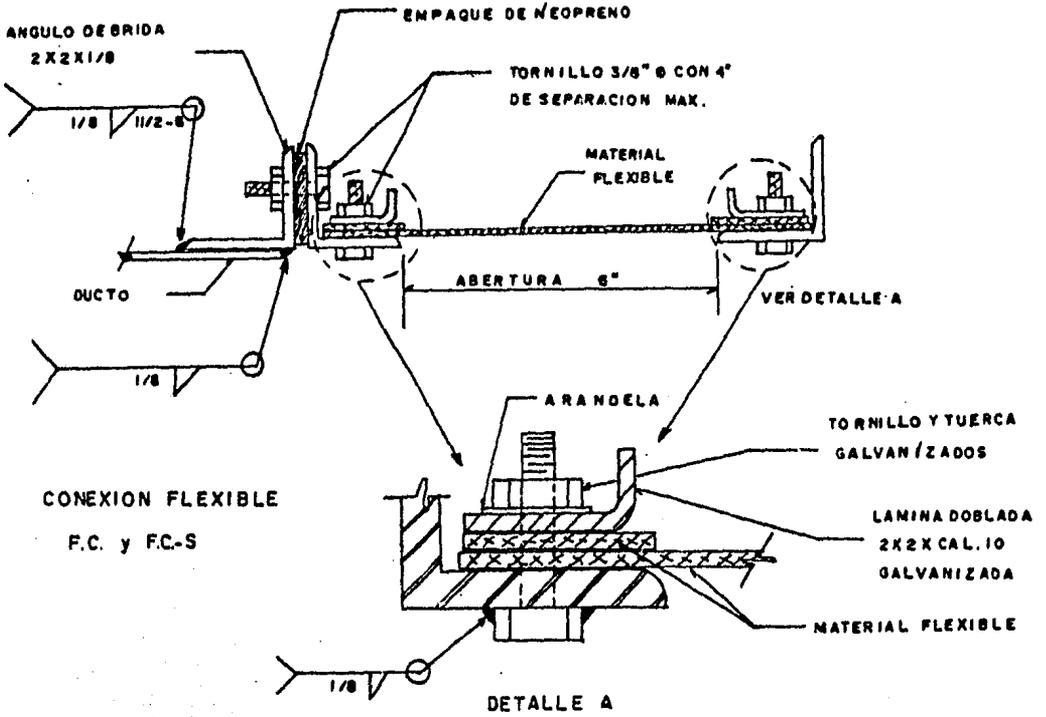


FIGURA 3.4 a

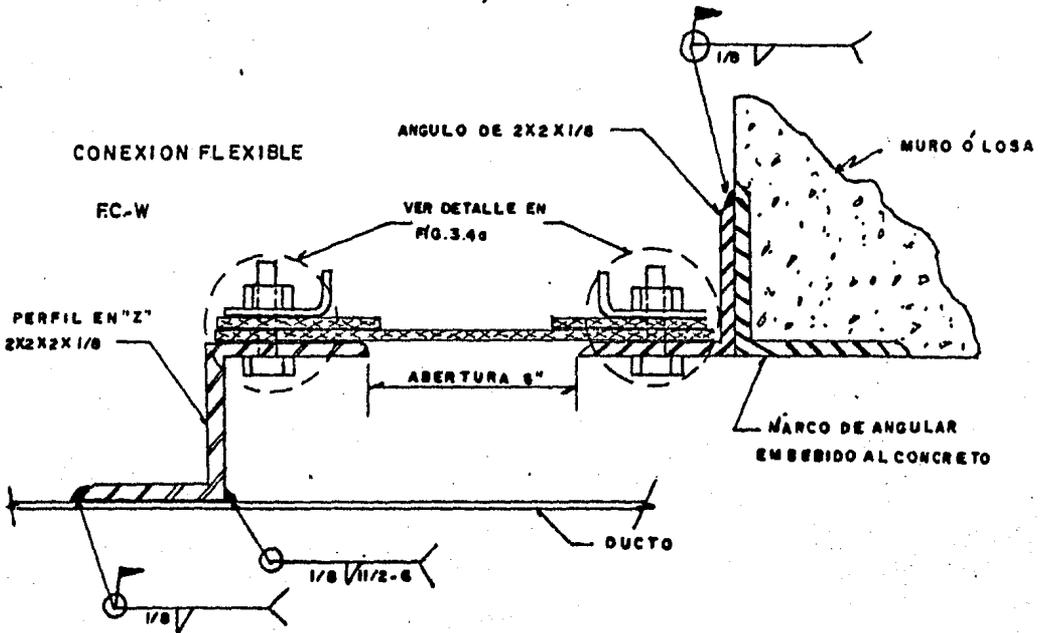


FIGURA 3.4 b

Los conectores flexibles metálicos deberán ser diseñados para cinco mil (5) ciclos durante 40 años de vida de la planta y deberán tener las siguientes características:

- a) Tipo: FC-M.
- b) Conexión de extremos: bridas.
- c) Longitud de conector instalado a 70 °F : 16" Máximo.
- d) Humedad relativa en el flujo medio: 80 á 100 %.
- e) Presión interna de diseño: + 30 in wg.
- f) Compresión axial: 0.70 in.
- g) Extensión axial: 0.90 in.
- h) Deflexión lateral 0.02 in.
- i) Carga máxima axial: 2000 Lbs.
- j) Ondulaciones: 4 Máximo.
- k) Carga lateral máxima: 1000 Lbs.

Todas éstas conexiones deberán ser probadas de fugas de aire individualmente y antes de ser instaladas, Para FC-M ver Figura 3.4 (c).

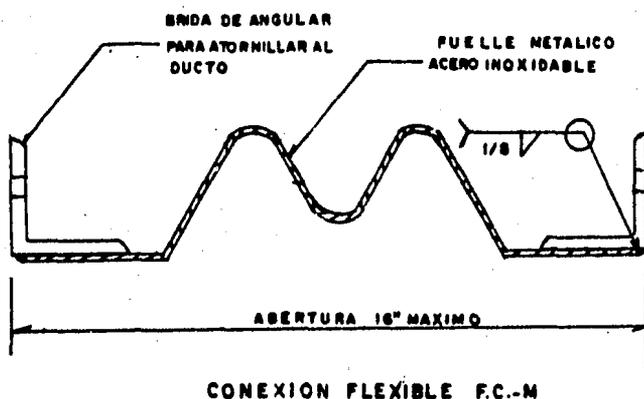


FIGURA 3.4.c

3.5.- Deflectores.-

Otra parte a considerar en la construcción de ductos, es lo referente a la buena conducción del flujo de aire en aquellos cambios de la dirección ya sea en el sentido horizontal o vertical; a través de un codo circular ó cuadrado. Para evitar las turbulencias sobre todo en los cambios más bruscos, esto se logra mediante la colocación de aletas deflectoras ó alabes direccionales, que sirven como un enderezador de flujo y así convertir a éste en un flujo laminar,

Para los codos cuadrados se utilizarán aletas deflectoras de espesor sencillo con un radio de 2" (dos pulgadas) extendiendo uno de sus extremos en dirección de la salida del flujo de aire en 3/4", - con una separación entre aletas de 40 mm,

El espesor de las aletas será igual al ducto que las contiene, pero con un mínimo de calibre 18, éstas irán cuidadosamente ensambladas y soldadas a un canal guía que a su vez se soldará al ducto.

Ver figura 3.5. (a).

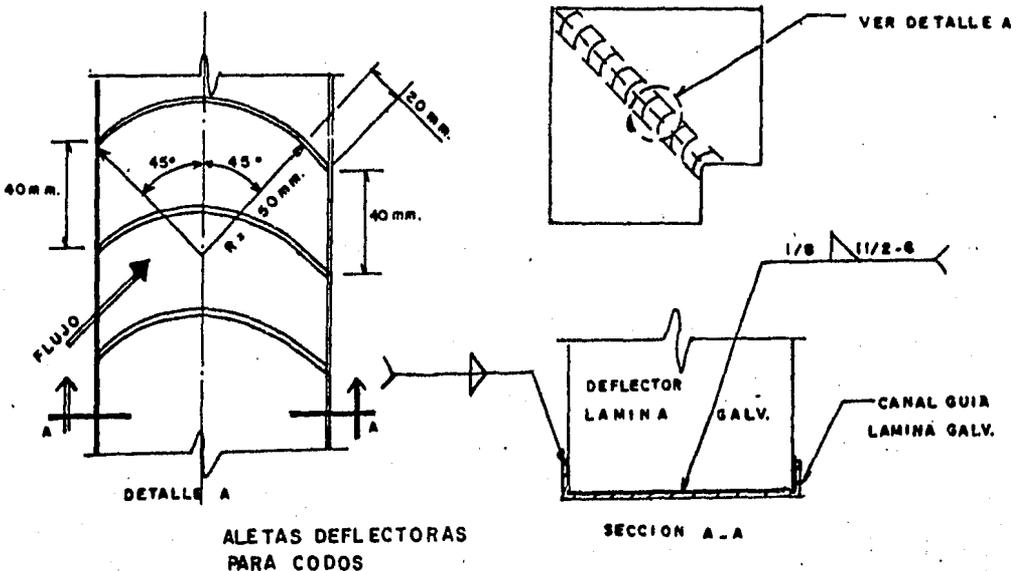
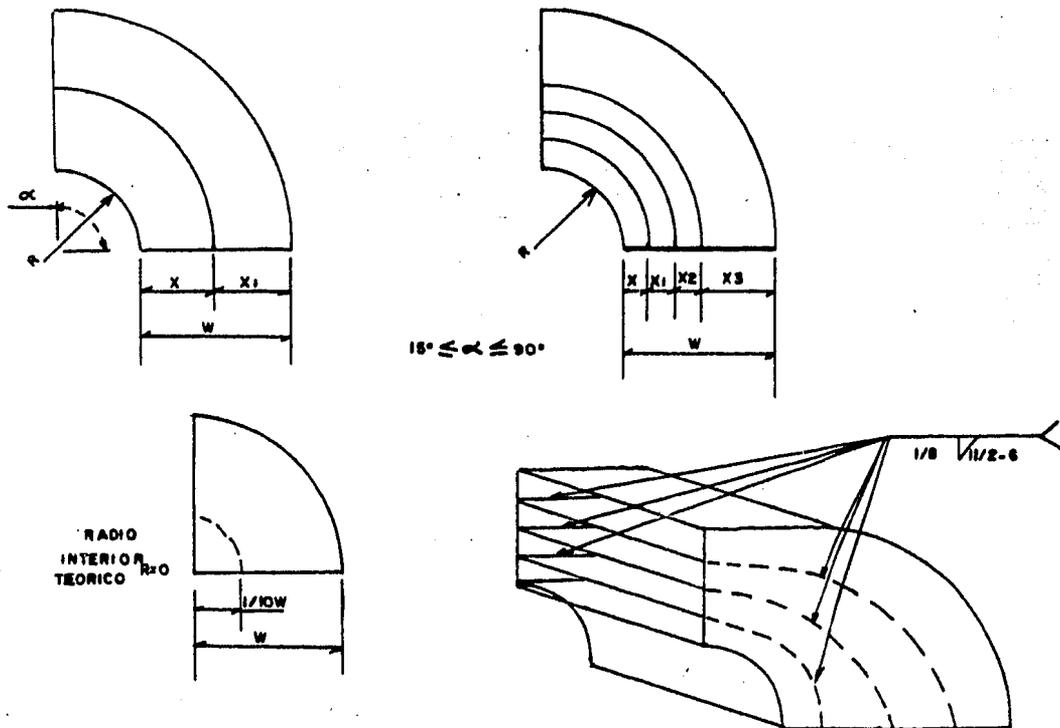


FIGURA 3.5 a

Para los codos redondos se utilizan los alabes direccionales, sólo en aquellos codos que no tienen radio estandard, es decir que son de radio corto, para la obtención del número de alabes a utilizar; y la separación de éstos se ha realizado de acuerdo con las recomendaciones de los manuales de aire acondicionado y es como se muestra en la figura 3.5 (b).



RELACION R/W	Nº DE FLECTORES	X	X ₁	X ₂	X ₃
DE 0.35 A 0.70	1	0.35W	0.65W		
DE 0.25 A 0.30	2	0.20W	0.30W	0.5W	
DE 0.14 A 0.20	2	0.15W	0.30W	0.55W	
DE 0.087 A 0.14	3	0.10W	0.15W	0.25W	0.5W

ALABES DIRECCIONALES

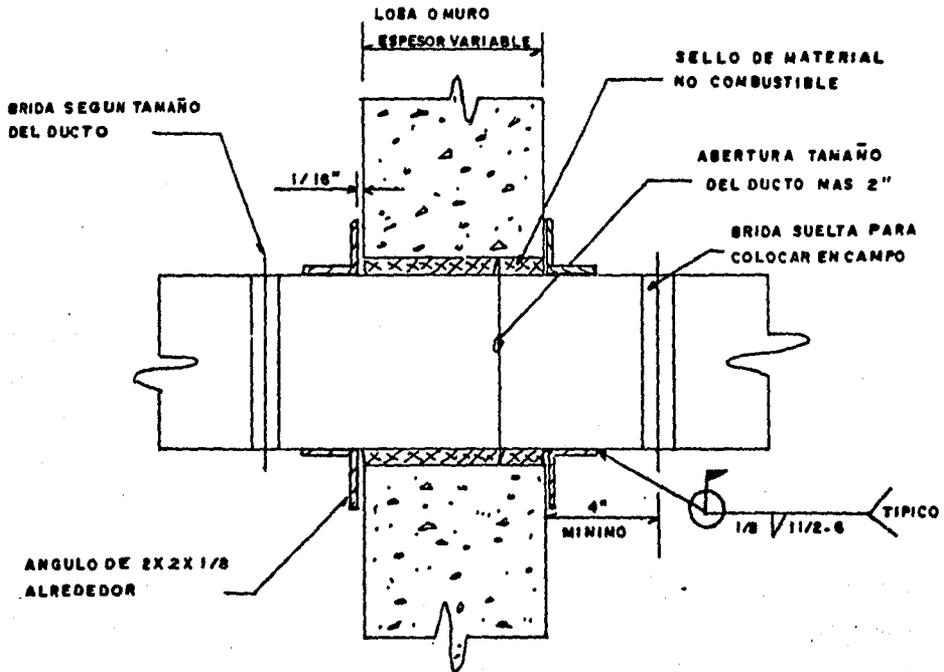
FIGURA 3-5b

3.6.- Penetraciones para losas y muros.-

Las penetraciones para ductos a través de losas y/o muros serán básicamente de dos tipos: Un caso es cuando la penetración a través de la losa o muro contiene al ducto pasando y dejando un espacio libre entre el concreto y la pared del ducto, que posteriormente será sellado una vez colocado el ducto,

Se ha encontrado que en éste tipo de penetración la sección del hueco con respecto a la sección del ducto es muy justa, por lo que no es posible introducir dicho ducto con la brida o refuerzo integrado, por lo que se debe tener cuidado de dejar éstas partes del ducto sueltas para ser colocadas y soldadas en campo.

Ver figura 3.6 (a) para éste tipo de penetración.



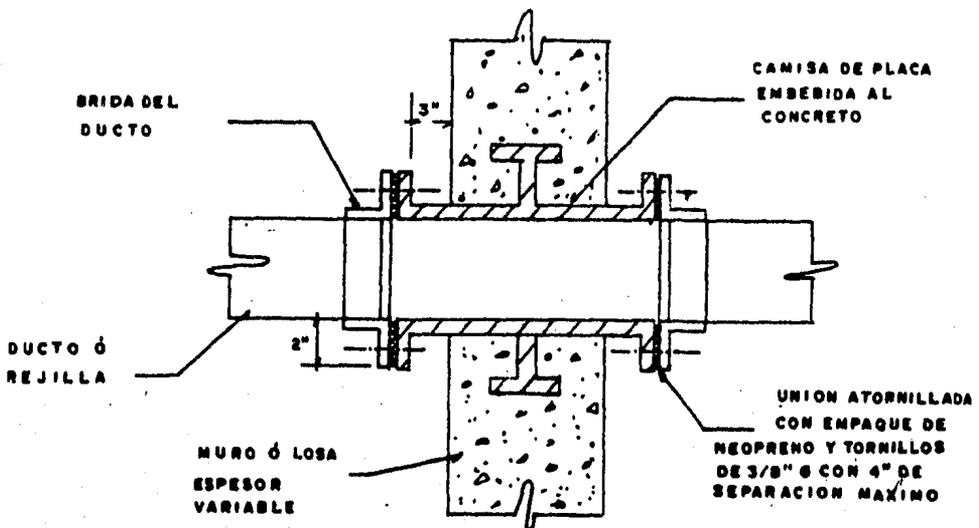
PENETRACION PARA DUCTO PASANTE

FIGURA 3.6 a

Otra consideración en éste tipo de detalles es que debido a que se tiene especificado una distancia máxima de separación entre angulares de refuerzo, algunas veces los espesores de muros exceden ésta distancia y como no es posible colocar el refuerzo dentro del muro de concreto, entonces se procede a aumentar el calibre de la lámina del ducto al calibre mayor siguiente, ésto es si un ducto fuera de calibre 18 y se encontrara en este caso entonces deberá construirse en calibre 16.

Desde luego existen algunas variantes en éste tipo de penetración originadas en parte por las características que presenta la obra civil y también dependiendo del tipo de ducto que contiene, que puede ser de construcción especial ó de construcción normal.

El otro caso que tenemos de penetración a través de muro y/ó losa, es en la que el ducto se conecta a una camisa de acero colocada en el hueco, proveída de bridas integradas a la propia camisa, instalada antes de ser colado el muro ó losa, anclada de tal forma que funcione como un soporte sísmico. Ver figura 3.6 (b), para éste caso.



ANCLAJE DE DUCTO A MURO Ó LOSA

FIGURA 3.6.b

Las variantes existentes en éste tipo de detalle es debido también a las condiciones de la obra civil así también a las discrepancias y errores en su fabricación é instalación.

Posteriormente veremos, que esta parte es una de las más críticas - en el proceso constructivo motivado por este tipo de discrepancias y fallas que ha causado gran retraso y alto costo en la construcción - del sistema de ductos.

Aún teniendo estas fallas en éstos detalles se ha tenido que adap -- tar y modificar en la obra dichas penetraciones ó ductos, como la colocación de placas con tornillos integrados, etc., de tal forma que cumplan con los objetivos pre-establecidos por la ingeniería de di -- seño.

3.7.- Soportado en ductos.-

El soportado en ductos se refiere a las pequeñas estructuras que sotienen a un sistema de ductos. Estos soportes varían según el tipo - de ducto que contengan ó para ductos de construcción especial, se le denomina un soporte sísmico, que es localizado y diseñado por la ingeniería de diseño (en éste caso en Nueva York) en base a los re - querimientos establecidos por los códigos y normas aplicables tales cómo, AISC, ASME, AWS, etc., así como por los estudios y pruebas rea lizados en los edificios y áreas que los contienen. Como por ejemplo las curvas de espectros de cada edificio.

La clasificación que se hizo para éste tipo de soportes, fué como sigue:

Soporte tipo ancla, que no permite el movimiento del ducto en ningún sentido, ya que dicho soporte va totalmente soldado al ducto median te una preparación previa en la fabricación de dicho ducto. Ver figu ra 3.7 (a).

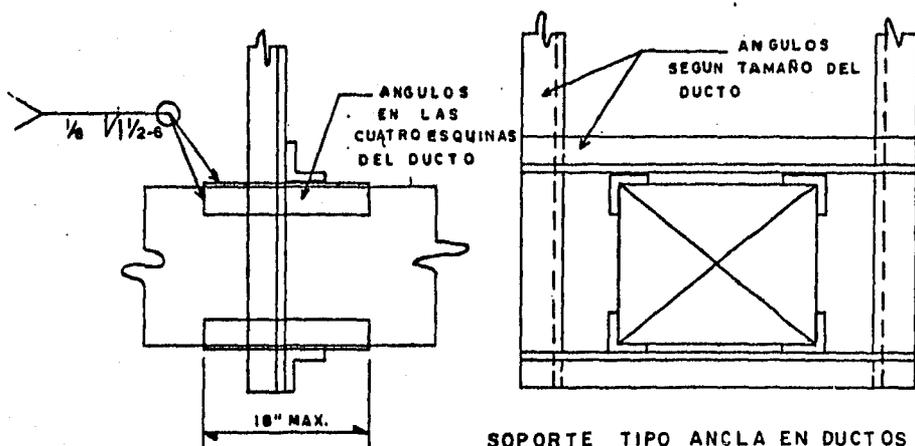
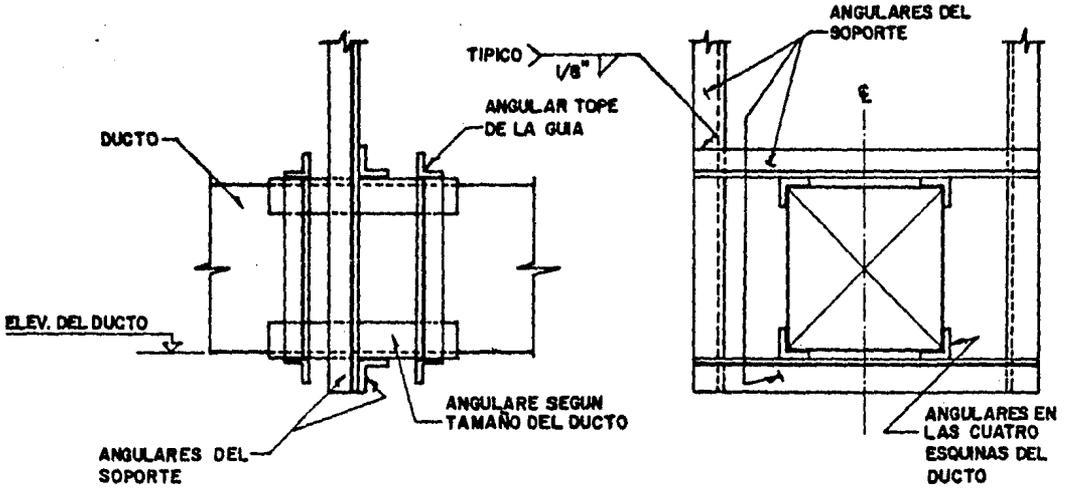


FIGURA 3.7. a

El soporte tipo guía que sólo permite el movimiento del ducto en el sentido longitudinal, ya que dicho soporte solo está en contacto con dicho ducto, es decir no soldado limitando el deslizamiento entre ambos por dos topes con angulares cómo se muestra en la figura 3.7 (b).

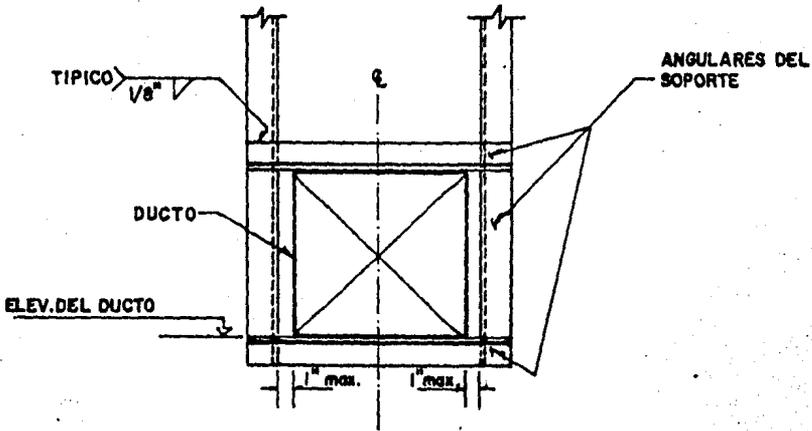
Y finalmente el soporte de carga muerta que tiene como finalidad soportar el peso propio del ducto, obviamente sus requerimientos de diseño son menores, comparados con los soportes anteriores. Ver figura 3.7. (c).

La ingeniería de diseño, especifica que la distancia ó claro máximo entre soportes, es de 8 a 10 pies (2.4 á 3.0 mts), según la sección del ducto, éstos soportes están directamente soldados a la estructura de acero del edificio ó al concreto, mediante placas embebidas ó placas sujetas con pernos de expansión. La localización de éstos soportes deberá ser una consideración más en la fabricación é instalación del sistema de ductos, ya que deberá evitarse que las preparaciones de guías ó anclas no interfieran con otro elemento del ducto tal cómo: Bridas, refuerzos, rejillas, etc.



SOPORTE TIPO "GUIA" PARA DUCTOS

fig. 3.7 (b)



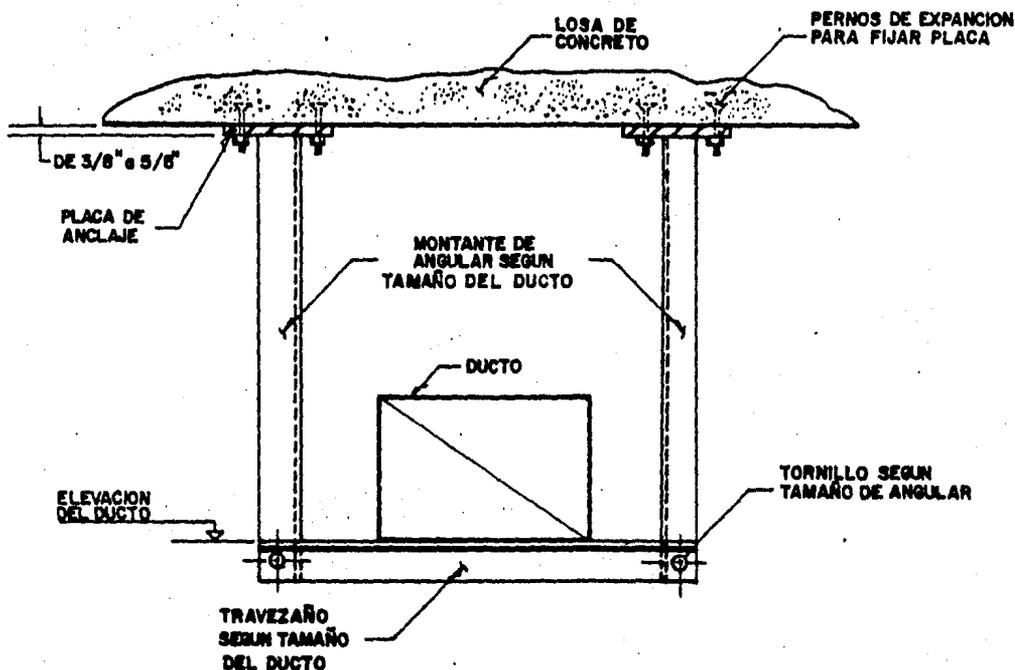
SOPORTE DE CARGA MUERTA

fig. 3.7 (c)

Hasta ahora en lo expuesto aquí hemos visto que todo el diseño ha sido aportado por la ingeniería del proyecto. Veamos ahora la parte en que la ingeniería de detalle realiza pequeños diseños como es el caso de los soportes de ductos no-sísmicos y no relacionados con la seguridad,

Este tipo de soporte consta normalmente de dos miembros verticales denominados " montantes " y de un miembro horizontal llamado " travesaño".

Ver figura 3.7 (d).



**SOPORTE PARA DUCTO NO SISMICO NO RELACIONADO
CON LA SEGURIDAD**

fig. 3.7 (d)

Las bases para su diseño son las siguientes:

Carga muerta: Peso del tramo del ducto (incluye bridas, refuerzos, soldadura, tornillería, etc.)

Carga viva: Vertical 90 Kg.
 Horizontal 45 Kg.

Veamos el caso de un ducto de los más pesados, que se han encontrado:

Sección 110" X 90"

Lámina - calibre 16

✕ de refuerzo - 2 X 2 X 1/4"

Tensores - Tubo de 3/4" Ø cédula 40,

Peso lámina - 372 Kgs,

Peso refuerzos - 251 Kgs.

Peso tensores - 58 Kgs,

Total: 681 Kgs,

Soldadura, tornillos, aislamiento y accesorios 15% - 102 Kgs,

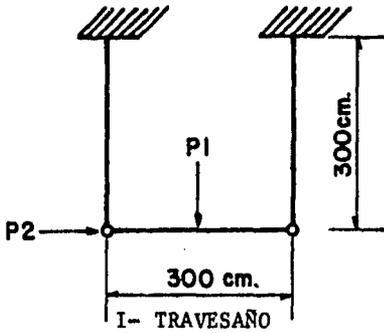
Total carga muerta = 783 Kgs,

Material: Acero A 36 $T_y = 2530$ $T_p = 0.6 T_y$,

$T_p = 1518 \text{ Kg/cm}^2$

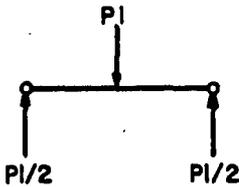
Debido a que los miembros verticales se encuentran soldados a las placas de anclaje se consideró estos como apoyos empotrados. Para el miembro horizontal " travesaño " éste se sujeta a los montantes mediante un tornillo en cada extremo. Por lo tanto se le considera como una viga con apoyos simples.

IDEALIZACION DEL SOPORTE



$$P_1 = CM + CV = 783 + 90 = 873 \text{ Kg.}$$

$$P_2 = 45 \text{ Kg.}$$



$$M_{\text{máx}} = \frac{P_1 L}{4} = \frac{873 \times 300}{4} = 65475 \text{ Kg-cm}$$

I - TRAVEZAÑO

Proponiendo una sección de canal de 6" (15.24 cm x 4.9 cm).

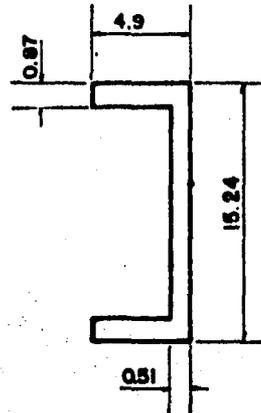
$$d = 15.24 \text{ cm.} \quad S_x = 71.0 \text{ cm}^3.$$

$$b = 4.9 \text{ cm.} \quad S_y = 8.2 \text{ cm}^3.$$

$$t_p = 0.87 \text{ cm.} \quad R_{xx} = 5.94 \text{ cm.}$$

$$t_a = 0.51 \text{ cm.} \quad R_y = 1.38 \text{ cm.}$$

$$A = 15.35 \text{ cm.} \quad H = 11.4 \text{ cm.}$$



1) Revisión de sección completa.

a)- Existe continuidad entre el patín y el alma O.K.

$$b) - b/t_p < 440/\sqrt{F_y} \Rightarrow 4.9/0.87 = 5.63 \quad 440/\sqrt{F_y} = 8.74$$

$$5.63 < 8.74 \quad \text{cumple O. K.}$$

$$c).- h/ta < 1600 / fy \quad 11.4/0.51 \leq 31.80 \Rightarrow 22.35 < 31.80$$

$$22.35 < 31.80 \quad \text{cumple O.K.}$$

d).- Relación ancho-grueso del alma.

$$fb = M/Sx = 65475/71.0 = 922 \text{ Kg/cm}^2$$

$$fy = 2530 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow f/fy = 0.36$$

$$\text{Por lo tanto } d/ta \leq 2150 / \sqrt{fy}$$

$$d/ta = \frac{15.24}{0.51} = 29.88 \quad d/ta) \text{ límite} = 2150 / \sqrt{2350} = 42.74$$

29.88 < 42.74 cumple O. K. la sección es compacta

2) Contraventeo lateral

$$Lcr/ry \leq 96700/fy + 25$$

$$L/ry = 300/1.38 = 217 \quad Lcr/ry) \text{ Límite} = 96700/2530 + 25$$

$$Lcr) \text{ Límite} = 63.22 \Rightarrow 217 > 63.22 \quad \text{No cumple.}$$

Debido a que no cumple con el contraventeo lateral, procedamos a calcular el fb (esfuerzo permisible).

Debido a que el miembro falla por pandeo lateral

$$fb = 0.5 fcr$$

$$fcr = 1550 \times 10^3 \times \frac{cb}{Ld/Ap}$$

$$cb = 1$$

$$Ap = \text{Área del patín} = 5.81 \text{ cm}^2$$

La ecuación anterior es aplicable debido a que se trata de una sección de canal.

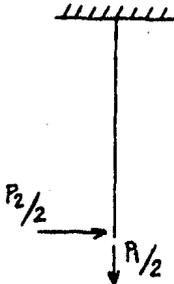
$$f_{cr} = 1550 \times 10^3 \times \frac{1}{4572/5.81} = 1969 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f_b = 0.5 f_{cr} = 984 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (esfzo permisible)}$$

$$f_b \text{ (esfzo actuante)} = 922 \text{ Kg/cm}^2$$

$f_b > F_b$ la sección propuesta es correcta.

II.- Diseño de Montantes.-



Se considera que la carga P_2 es tomada en la mitad por cada montante.

Para éste caso deberá cumplirse que:

$$P/A/f_a + M_x/S_x/f_{bx} \leq 1.0$$

$$f_a = 1138 \text{ Kg/cm}^2 \quad f_a = 0.45 \text{ de } f_y; \text{ debido a que la sección tiene un agujero.}$$

$$f_b = 0.5 f_{cr} = 984 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (según cálculo en I)}$$

$$P_1/2 = 436.5 \text{ Kg.}$$

$$P_2/2 = 22.5 \text{ Kg.}$$

$$M_x = P_2/2 \times l = 22.5 \times 300 = 6750 \text{ Kg-cm.}$$

Usando la misma sección de canal (6")

$$M_x/S_x = 6750/71.0 = 95.07 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\underline{P_1/2} = 436.5/15.35 = 28.43 \text{ Kg/cm}^2$$

A

$$\frac{P1/2}{fa} + \frac{Mx/Sx}{fb} \leq 1.0 \Rightarrow \frac{28.43}{1138} + \frac{95.07}{984} \leq 1.0 \Rightarrow$$

$$0.02 + 0.09 \leq 1 \Rightarrow 0.12 < 1 \quad \text{cumple.}$$

La sección es correcta.

3.8. Ductos de construcción normal.-

Anteriormente se habló de los ductos clasificados como construcción normal, los cuáles tienen la categoría de construcción como LP (Low Pressure) y MP (Medium Pressure) indicado en la "flecha de clase" de un sistema, también clasificados como ductos no-sísmicos y no relacionados con la seguridad.

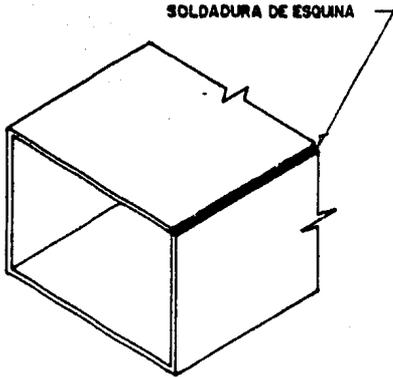
Los requerimientos mínimos para la construcción de éstos ductos son:

A menos que se especifique otra cosa, los ductos serán de acero galvanizado y de acuerdo con las normas mencionadas en 3.1,

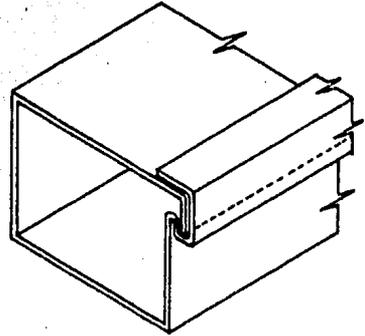
Las uniones longitudinales serán de tipo soldado con calibre 18, como mínimo ó una unión engargolada con una junta tipo "Pittsburg". Ver fig. 3.8a y 3.8b, usando en ésta última un sellador antes y después de su ensamble.

Las uniones transversales entre éste tipo de ductos es por medio de una brida tipo "companion angle flange" que consta de un marco rígido formado de angular con un doblado (pestaña) de la misma lámina y sujeto por medio de soldadura a trazos,

Ver fig. 3.8c,



UNION LONGITUDINAL SOLDADA
fig. 3.8 (a)



UNION LONGITUDINAL ENGARGOLADA
TIPO PITTSBURGH
fig. 3.8 (b)

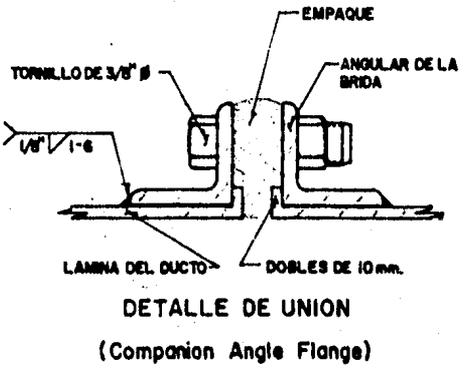
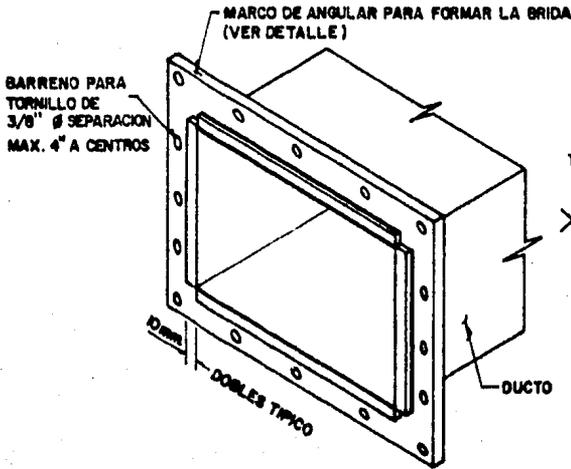
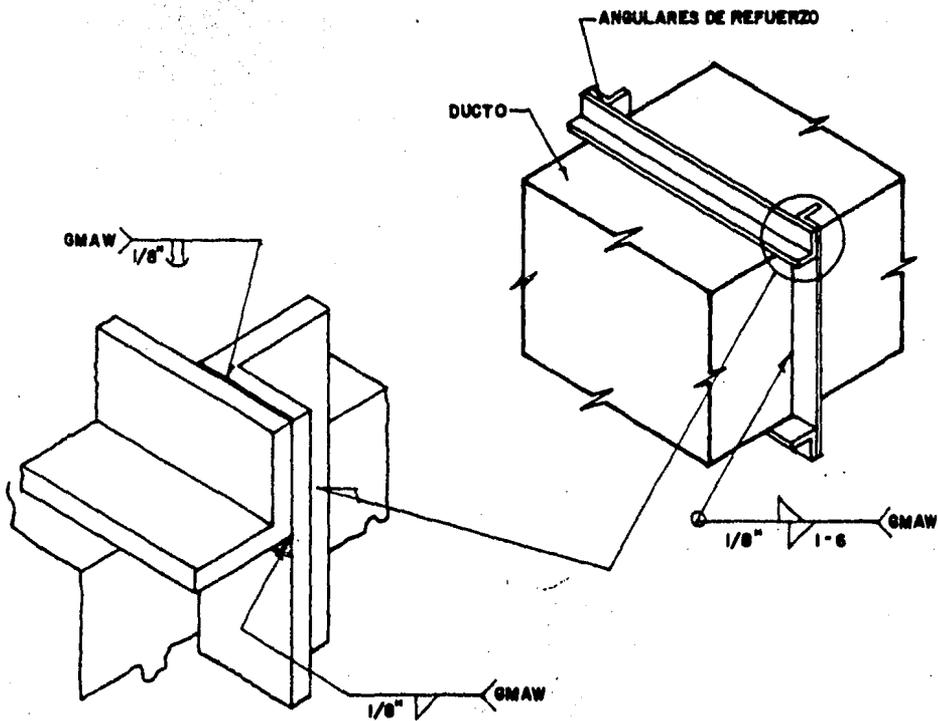


fig. 3.8 (c)

Como puede apreciarse en la Fig. 3.8 (c) la soldadura en éste tipo de ductos es de tipo intermitente con una pulgada de incremento y seis pulgadas de avance con un cordón de $1/8"$ de espesor. También se tiene especificado un tamaño mínimo de tornillo de $3/8"$ de diámetro, separadas como máximo a cuatro (4) pulgadas a centros.

La colocación de refuerzos también tiene una soldadura intermitente, en éste caso alternada. Ver Fig. 3.8 (d).



**REFUERZO PARA DUCTOS CONSTRUCCION
NORMAL**

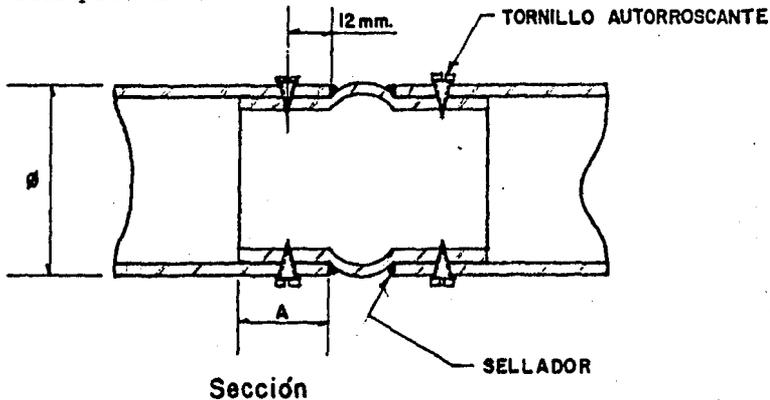
fig. 3.8 (d)

Para ductos circulares se tienen dos formas de unión entre ductos - que son:

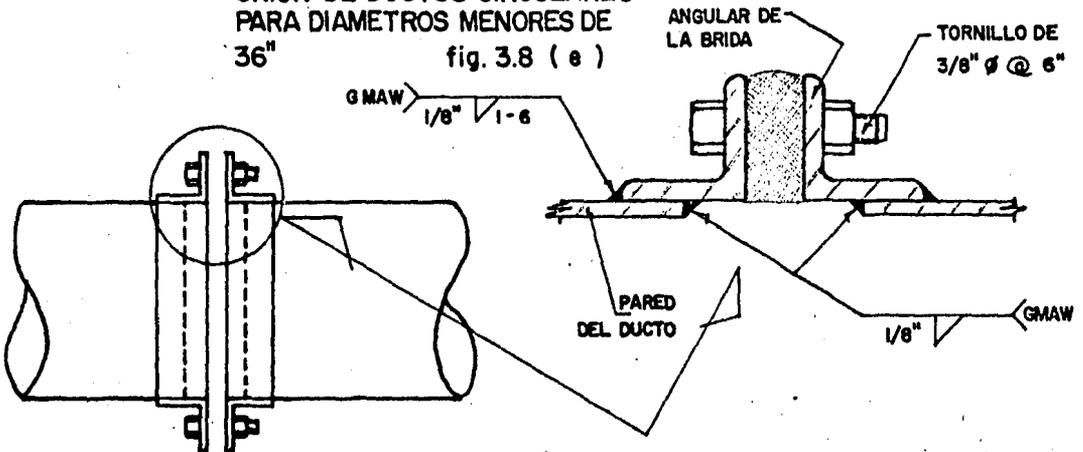
Para ductos menores de 36" de diámetro se usa un collar de unión con tornillo auto-roscante y sellador. Ver Fig. 3.8 (e).

Para ductos de 36" de diámetro y mayores se usa una brida de ángulo-rolado, sólo que en éste caso deberá ser soldada a la lámina por un lado con soldadura continua y por otro lado con soldadura intermitente, igual a la especificada en los ductos rectangulares. Ver Fig. 3.8f. La separación máxima entre tornillos para éste tipo de brida es de 6".

(seis pulgadas).



UNION DE DUCTOS CIRCULARES
PARA DIAMETROS MENORES DE
36" fig. 3.8 (e)



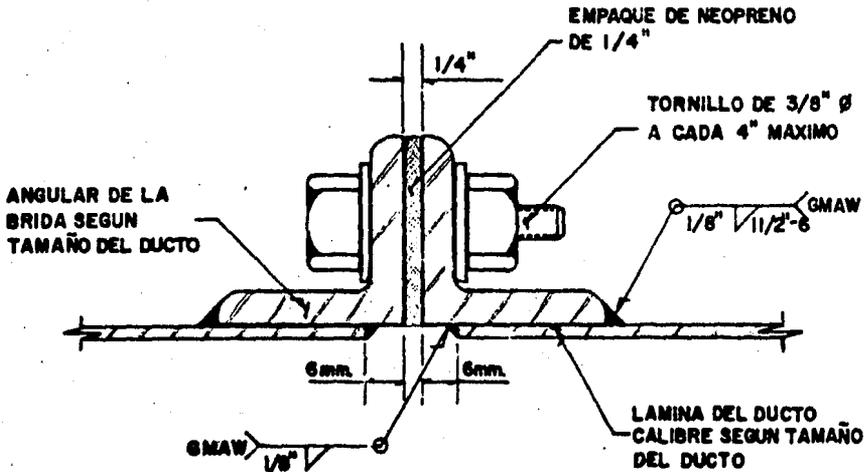
3.9.- Ductos de construcción especial.-

Nuevamente diremos que lo establecido en ésta parte es para un sistema de ductos sísmicos y relacionados con la seguridad, además que tienen una identificación en la "flecha de clase", cómo categorías: A, B, C, D ó E.

En éste tipo de ductos no se permite el uso de uniones longitudinales engargoladas así como también el uso de selladores, por lo que dichas uniones deberán ser soldadas.

Las uniones entre bridas pueden ser soldadas ó atornilladas. En este caso se optó solo por atornillar con un empaque entre bridas de 1/4" de espesor con tornillo de 3/8" de diámetro como mínimo y una separación máxima entre tornillos de 4" a centros.

Los ángulos de las bridas deberán ser soldados a la lámina como soldadura interior continua de sello y a la parte exterior con soldadura intermitente de 1 1/2" a cada 6". Ver fig. 3.9 (a)



UNION TRANSVERSAL DE DUCTOS CONSTRUCCION ESPECIAL

fig. 3.9 (a)

El refuerzo para éste tipo de ducto deberá estar formado por un marco rígido de angular, confinando los cuatro lados del ducto soldado a éste con una soldadura intermitente alternada con un incremento de -- $1\ 1/2"$ y un avance de $6"$. Ver fig. 3.9 (b).

REFUERZO PARA DUCTOS DE CONSTRUCCION ESPECIAL

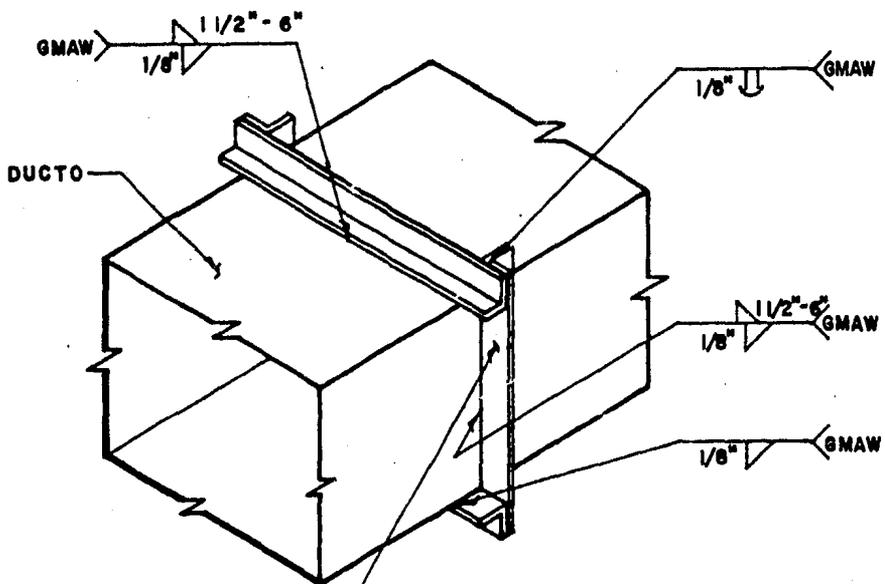


fig. 3.9 (b)

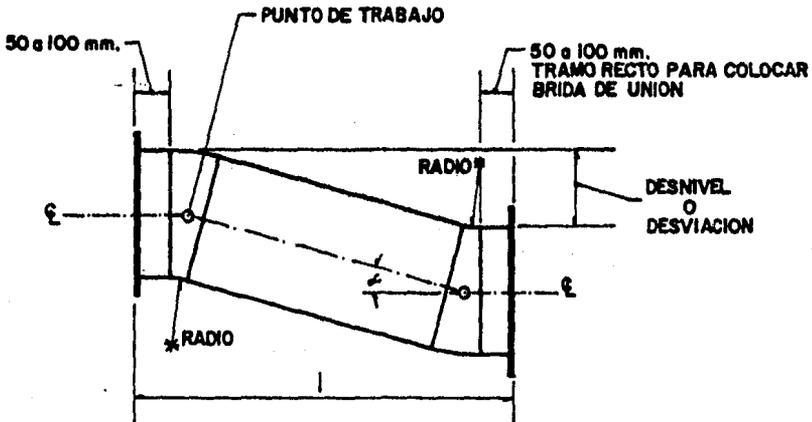
ANGULAR DE REFUERZO
SEGUN T/MAÑO DEL DUCTO

En éste caso deberá cumplirse también, que de la longitud total del -- miembro de refuerzo, el 50% deberá ser de soldadura.

4.- PLANOS DE DETALLE.-

4.1. Formas constructivas de ductos.-

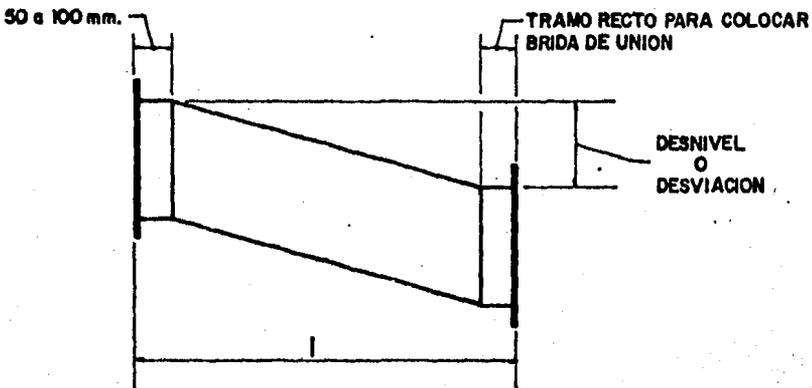
Dentro de las formas más comunes encontradas en la construcción de ductos en éste Proyecto, tenemos la llamada "S" ó cambio de nivel así como de dirección de una línea de ductos. Como se muestra en la Fig. 4.1.a.



CAMBIO DE DESNIVEL O DESVIACION "S"

fig. 4.1 (a)

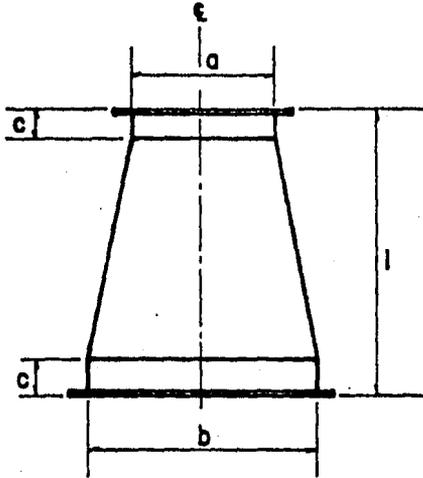
El ducto mostrado anteriormente se usa generalmente cuándo el α es igual o mayor a 15° (quince grados). Cuándo los desniveles o desviaciones son menores a ésto, se usa una desviación recta. Como se muestra en la Fig. 4.1.b.



DESVIACION RECTA

fig. 4.1 (b)

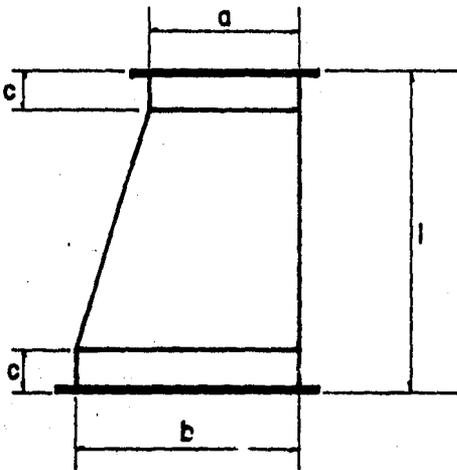
Otra de las formas más usuales son las transiciones ó transformaciones- que pueden ser simétricas, es decir que conserva el centro de línea del ducto ó en un solo sentido, ésto sirve para desviar la línea de ductos, así como para cambiar la elevación. Ver Figuras 4.1.c. y 4.1.d.



TRANSFORMACION SIMETRICA

fig. 4.1 (c)

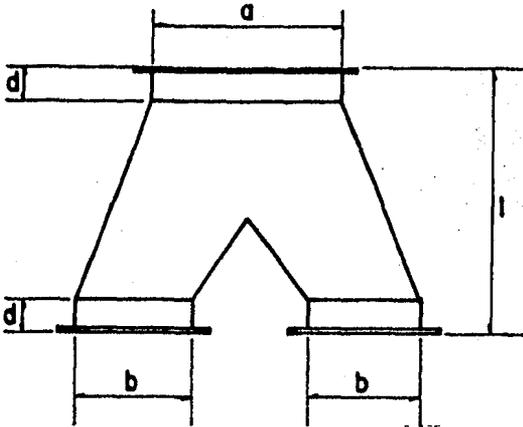
**C = TRAMO RECTO PARA
COLOCAR BRIDA**



TRANSICION ó TRANSFORMACION EN UN SOLO SENTIDO

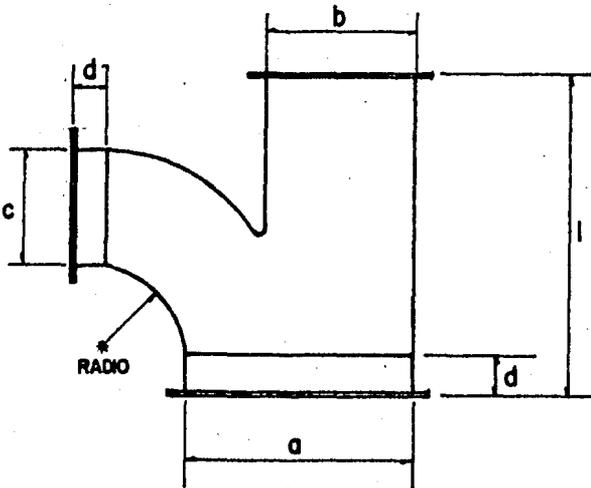
fig. 4.1 (d)

En las figuras siguientes se muestran algunos casos de uniones ó combinaciones de diferentes formas constructivas:



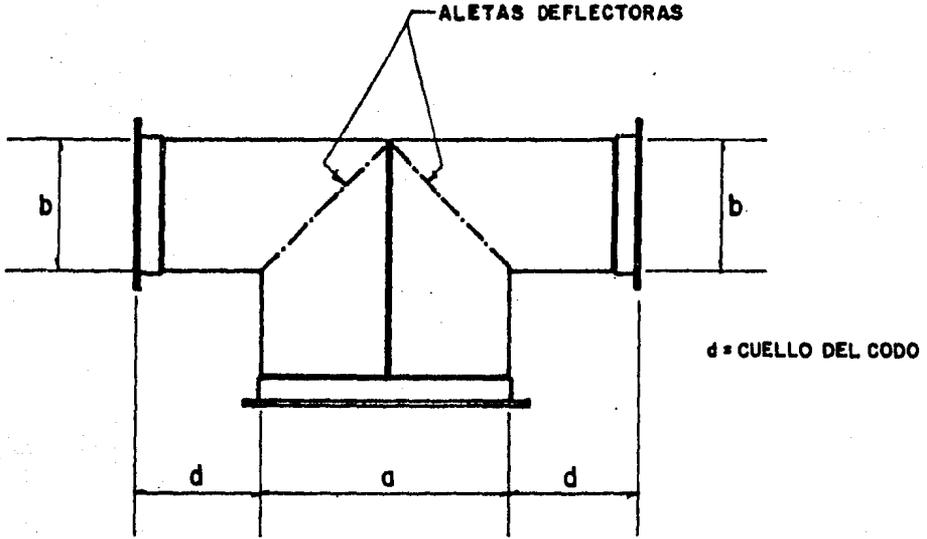
"PANTALON"
fig. 4.1 (e)

d = TRAMO RECTO PARA
COLOCAR BRIDAS



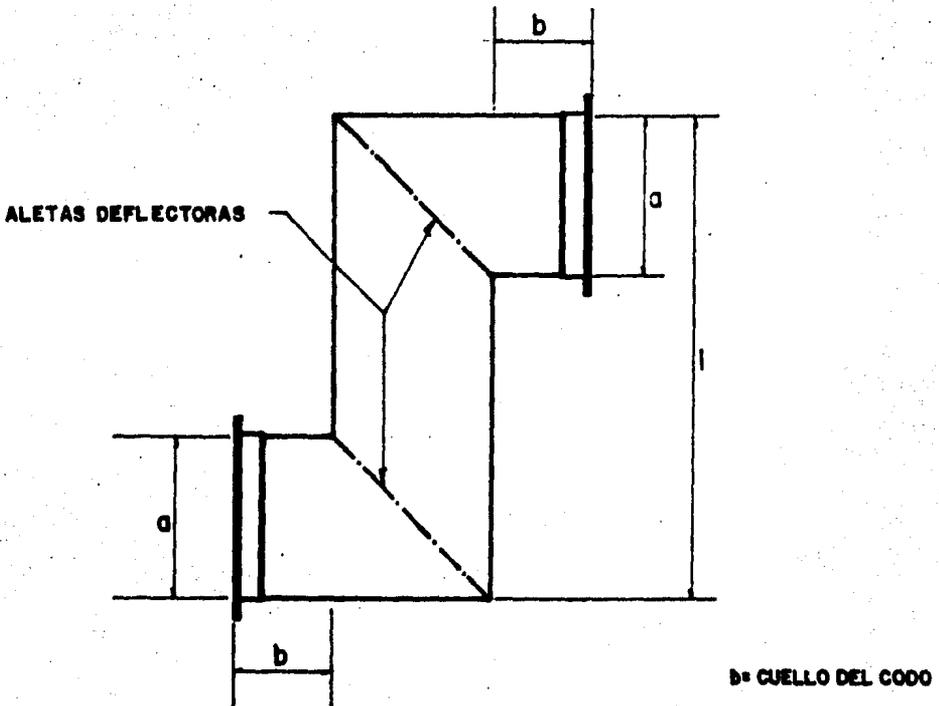
BIFURCACION
fig. 4.1 (f)

Los radios para éstos tipos constructivos en los codos pueden ser radio-standard (1.5 veces el ancho de la sección) o de radio corto utilizando en éste último, alabes direccionales.



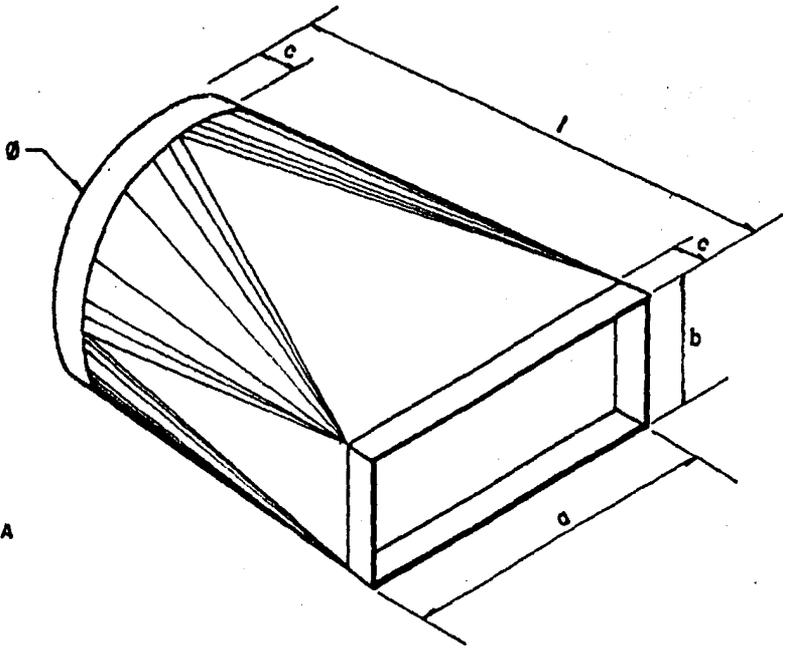
UNION "T"

fig. 4.1 (g)



UNION EN "Z"

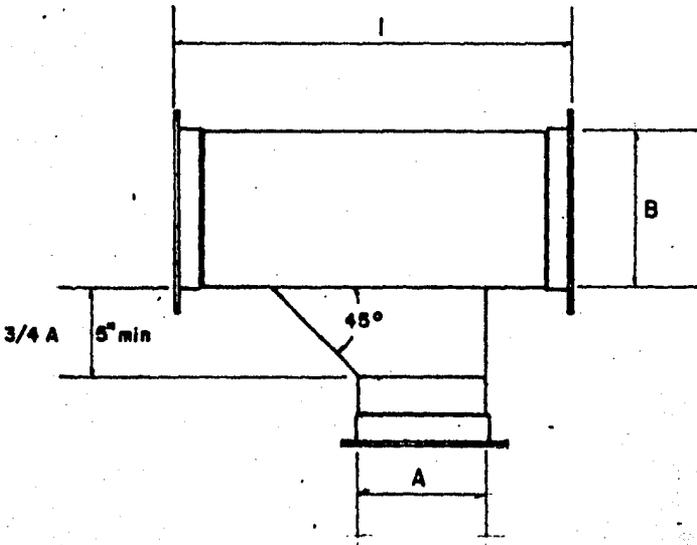
fig. 4.1 (h)



C = TRAMO RECTO PARA
COLOCAR BRIDA

TRANSFORMACION RECTANGULAR-CIRCULAR

fig. 4.1 (i)



DERIVACION A 45°

fig. 4.1 (j)

4.2.- Planos de Instalación.-

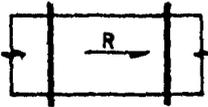
Para la aplicación de éste tema, veamos primeramente la simbología más usual utilizada en los planos de instalación:



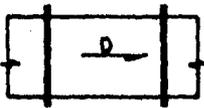
INDICACION DEL NUMERO DE SOPORTE
NUMERO CORRELATIVO CORRESPONDIENTE AL TIPO DE SOPORTE



REPRESENTACION DE UNA PIEZA DE DUCTO CON SUS
BRIDAS DE UNION



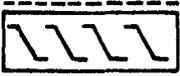
CAMBIO DE ELEVACION ASCENDENTE EN DIRECCION DEL
FLUJO DEL AIRE



CAMBIO DE ELEVACION DESCENDENTE EN DIRECCION
DEL FLUJO DEL AIRE



CONEXION FLEXIBLE

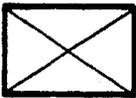


TOMA DE AIRE EXTERIOR CON MALLA PROTECTORA

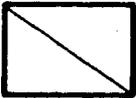


SECCION DEL DUCTO EN PULGADAS; EL PRIMER NUMERO INDICA LA DIMENSION QUE SEÑALA LA FLECHA

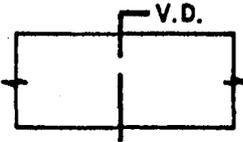
30 x 12



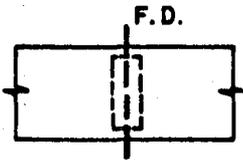
DUCTO DE SUMINISTRO DE AIRE



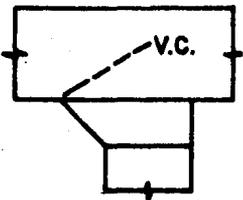
DUCTO DE RETORNO, EXTRACCION O' TOMA DE AIRE EXTERIOR



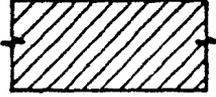
COMPUERTA DE VOLUMEN MANUAL



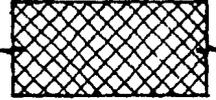
COMPUERTA CORTA - FUEGO



CONTROLADOR DE VOLUMEN



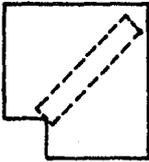
DUCTO SISMICO Y RELACIONADO
CON LA SEGURIDAD



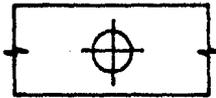
DUCTO SISMICO NO RELACIONADO
CON LA SEGURIDAD



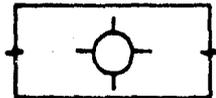
DUCTO NO SISMICO Y NO RELACIONADO
CON LA SEGURIDAD



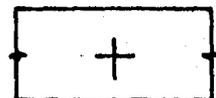
CODO CON ALETAS DEFLECTORAS



DUCTO CON SOPORTE TIPO ANCLA

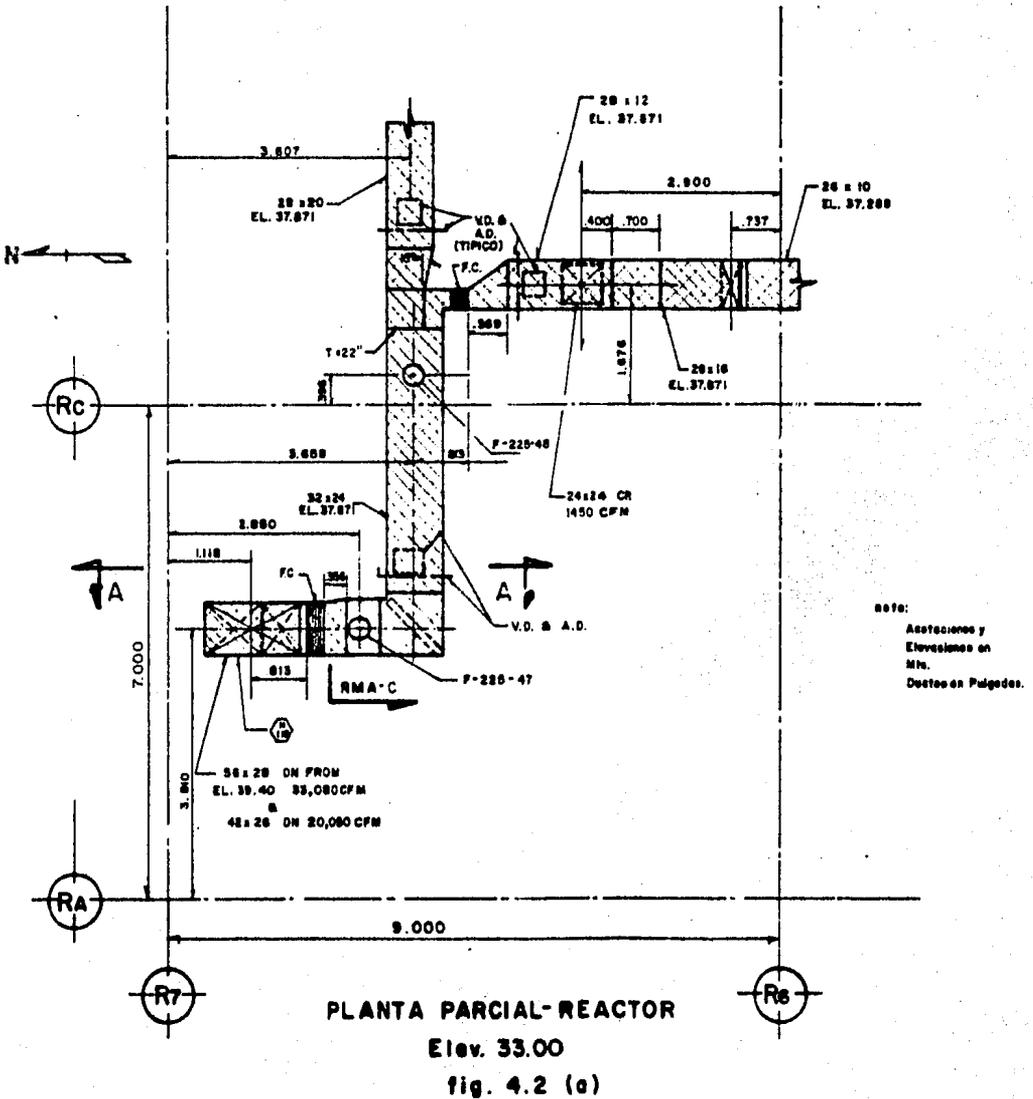


DUCTO CON SOPORTE TIPO GUIA



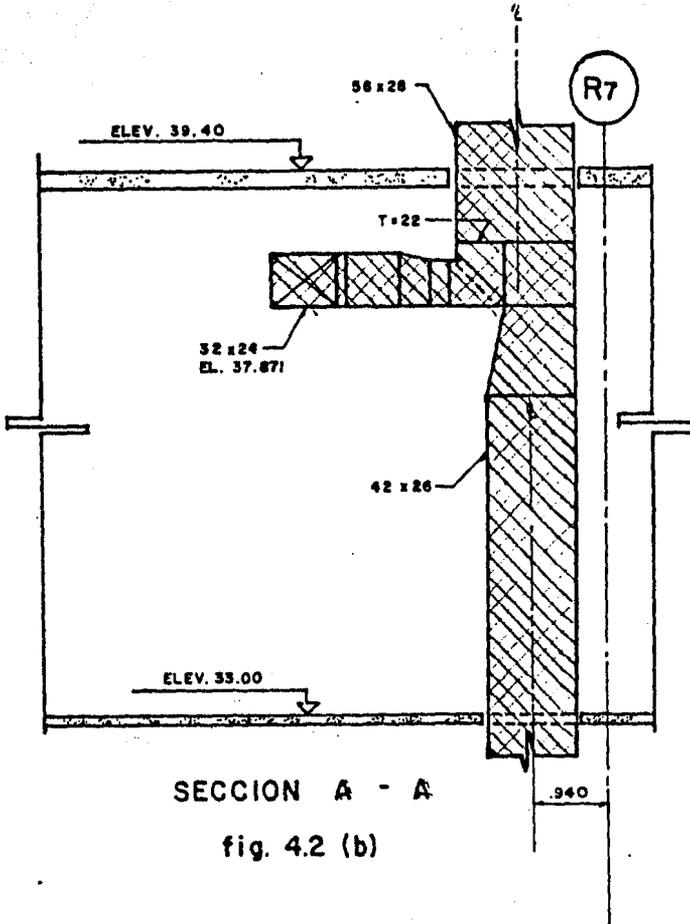
DUCTO CON SOPORTE VERTICAL
O DE CARGA MUERTA

Ahora bién, la primera parte y punto de partida es el diseño básico dado por la ingeniería de proyecto, que plantea de una forma sencilla la ruta y localización de un sistema de ductos. Ver Fig. 4.2. a.

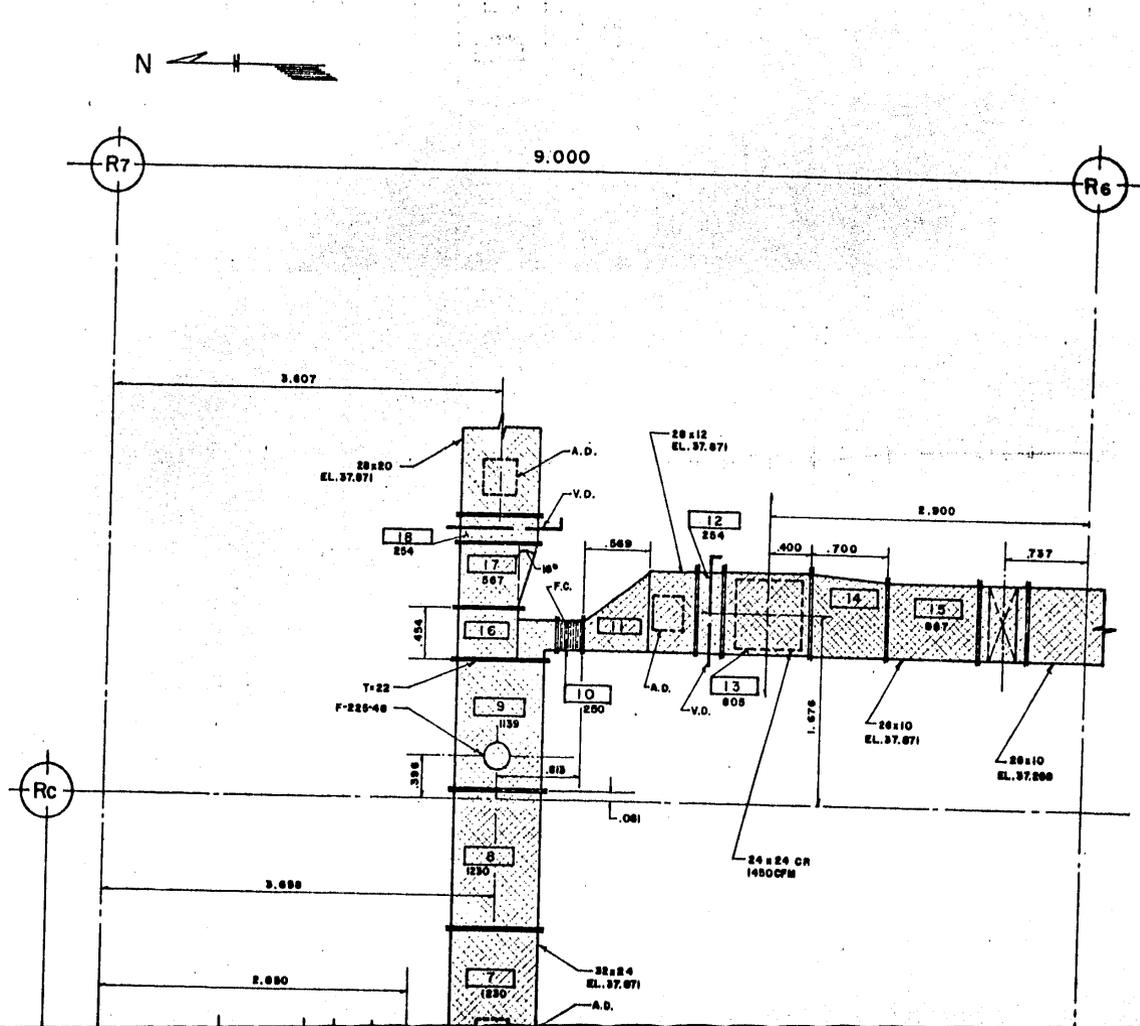


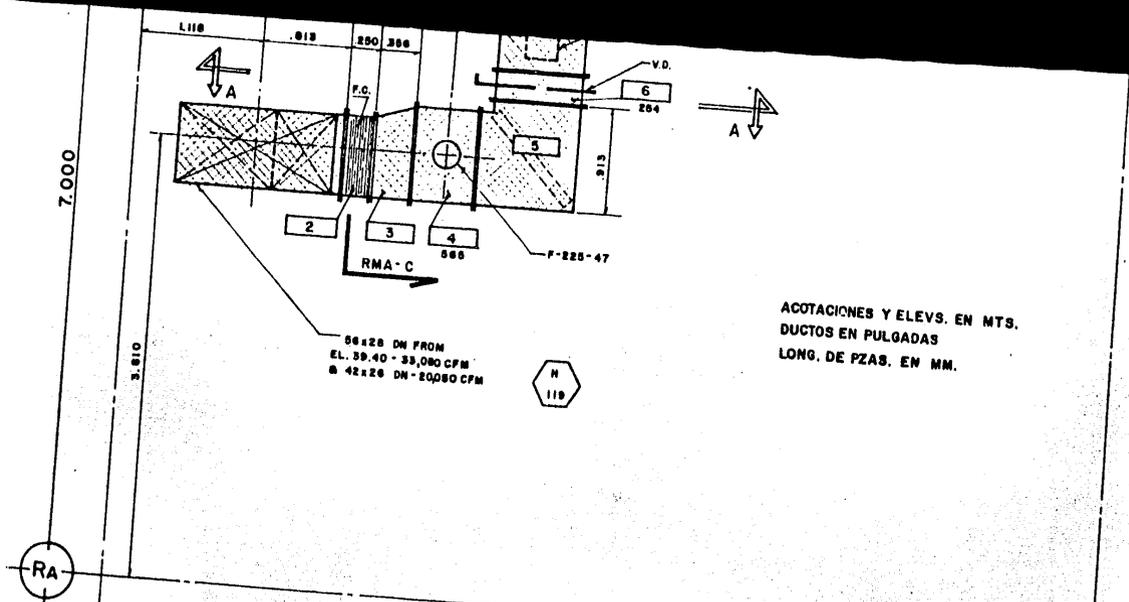
De la figura anterior tenemos que, se trata de un ducto sísmico no-relacionado con la seguridad, por las líneas ashuradas en los dos sentidos, éste baja de la elevación 39.40 del edificio de Reactor, Su sistema es RMA, con categoría de construcción "C" (Ver flecha de clase), la sección en la bajada es de 56" x 28" derivando de una sección de 22" x 28" a la elevación 37,871 m, y continua bajando con 42" x 26". Ver sección A-A en Fig. 4.2 b. Dicho ducto baja de la elevación 39,40 al este del eje RA con 3,810 mts., y al sur del eje R7 con 1,118 mts., el ducto continúa hacia el sur del eje R7, seguido de una conexión flexible (F.C.) y de una transformación de 28" x 22" a 32" x 24", dicho ducto gira hacia el este con 3.658 mts., al sur del eje R7 a través de un codo y seguido de una compuerta manual (U,D.) y una puerta de acceso (A.D.), posteriormente al este del RC se divide en dos ramales, uno de 22" x 24 y otro de 10" x 24", éste último seguido de una conexión flexible F.C. y nuevamente transforma de 10" x 24" a 28" x 12", contiene también una compuerta manual (U,D.) y una puerta de acceso (A.D.) enseguida tenemos un difusor CR de 24" x 24" y 1450 CFM con 2,900 mts., al norte del eje R6, posteriormente transforma de 28" x 12" a 26" x 10" y finalmente cambia de elevación de 37,871 mts a 37,288 mts.

Por otro lado el ramal de 22" x 24" transforma a 28" x 20", contiene también una compuerta manual (U,D.) y puerta de acceso (A.D.) finalmente el ducto continúa con 3,607 mts al sur del eje R7. También puede observarse que se han colocado dos soportes sísmicos el F-225-47 que es del tipo ancla con 2,850 mts al sur del eje R7 y el F-225-48 con .396 mts al este del eje R.C, éste último del tipo guía. Dichos soportes coinciden con el (centro de línea del ducto).



Una vez teniendo la información anterior, se procede a seccionar la línea de ductos, colocando bridas de unión en éste caso a una distancia máxima de 1230 mm., por ser un ducto de construcción especial y utilizando las formas constructivas ya vistas con anterioridad, la distancia entre cada brida delimita lo que se llama una pieza de ducto, la cuál se le asigna un número consecutivo para tener una secuencia de instalación, Posteriormente se verá que cada pieza tiene un plano de taller, para que ésta sea fabricada. La Figura 4.2. muestra el despiece de esta línea de ductos.





ACOTACIONES Y ELEVS. EN MTS.
 DUCTOS EN PULGADAS
 LONG. DE PZAS. EN MM.

PLANTA PARCIAL REACTOR U-1
 ELEVACION 33.00
 fig. 4.2 (c)

Como podrá observarse en la Fig. 4.2.c se ha ampliado la información -- dada por la ingeniería de proyecto.

Esta información permite ahora, hacer la instalación del sistema, ya que se ha dado una secuencia numérica a las piezas que forman dicho sistema.

Por otro lado también se ha usado la standarización máxima de piezas -- (1230 mm.), cuándo ésto ha sido posible en el caso contrario, las lon- gitudes de las piezas se han dado de acuerdo a la configuración del duc- to.

Posteriormente se verá que cada uno de éstos ductos tendrá un plano de taller, para hacer posible su fabricación así como su identificación y -- control.

También deberá considerarse aunque éste no sea el caso, que pueden hacer- se varias modificaciones a los ductos, como es en la longitud, armado de piezas en campo, dejar bridas sueltas para paso de penetraciones etc; to- do esto dependiendo de la accesibilidad en campo é interferencia con --- otros sistemas.

4,3. Planos de Taller,-

Una de las partes medulares en la etapa constructiva de este sistema, es- la información para la fabricación de los ductos que se proporcionan en - los planos de taller, ya que esta viene a conjuntar todos los datos obte- nidos de especificaciones, planos, instrucciones, procedimientos, etc., - de tal forma que esta facilite la fabricación de dichos ductos.

Además debe estar dada para poder ser interpretada tanto por el superin-- tendente de taller así como por trazadores, armadores, soldadores, super- visores, etc.

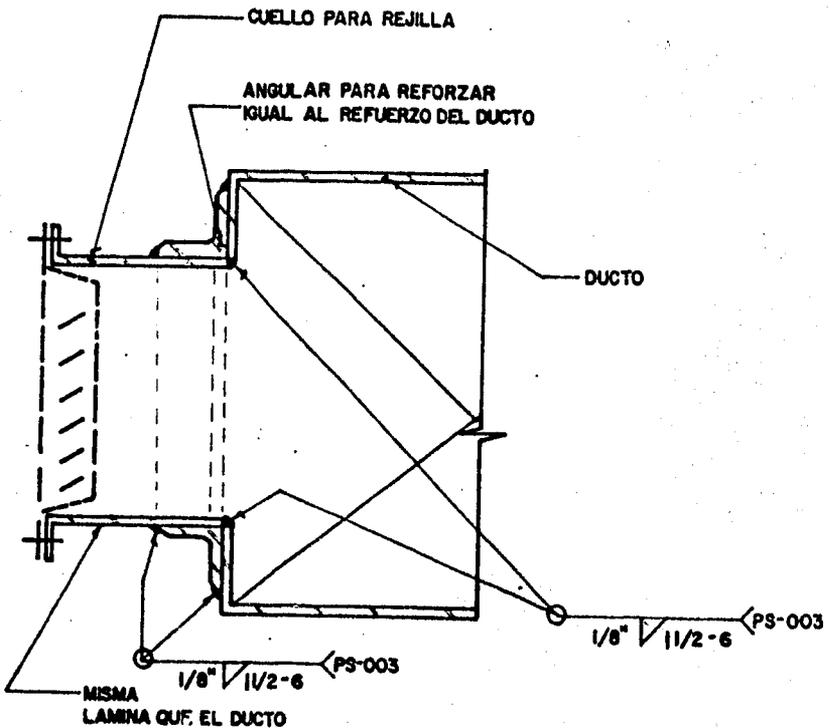
Recordemos que dentro de los objetivos de éste plano de taller, además de lograr la fabricación, también deberá utilizarse para proveer una identi- ficación y rastreabilidad del ducto, desde la materia prima a utilizar - hasta que dicho ducto se instale y pruebe para ser puesto en servicio. Para el caso de la pieza No. 13, mostrada en la Fig. 4,2 c será como sigue:

De lo anteriormente mostrado se tiene que en lo referente a la información marcada con asterisco deberá ser proporcionada por el Superintendente del Taller.

En lo que respecta a detalles de soldadura éstos deberán ser como se -- mostró en las Figuras 3.8 (a), 3.9 (a) y 3.9 (b), del Capítulo 3.

Debido a que muchos de éstos detalles son repetitivos se hace una tipificación dando referencia en los planos de taller proporcionados éstos en un manual de fabricación.

Para casos especiales, como es el caso del cuello de rejilla del ducto No. 13, deberá cumplirse dichos detalles como se muestra en la Figura - 4.2.



DERIVACION PARA REJILLA fig. 4.2 (c)

5.- CONTROL EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

5.1. Control de Documentos Técnicos.

A diferencia de una obra comercial, como un edificios de oficinas, un hospital, fábrica, etc., dónde posiblemente no es necesario documentar y controlar todas las actividades relacionadas con la construcción y dónde la bitácora una vez terminada la obra podría que marse o tirarse, en una planta nuclear, deberá tenerse un historial de cada actividad que describe la construcción de ésta. Así como un control de todos los documentos que contienen los requerimientos -- del proceso constructivo.

¿ Porqué la importancia de ésto ? todo el diseño de construcción y operación de plantas nucleares, así como toda la aplicación pacífica, no militar de la energía nuclear, está bajo la reglamentación y vigilancia de la Comisión Reguladora Nuclear (NCR), Es mandatorio como está incluido en el acta de 1954, promover los usos pacíficos de la energía atómica con observaciones cuidadosas para la seguridad del público.

El trabajo clave " Seguridad " es y debe ser siempre una preocupación cuándo se construye. De acuerdo con el mandato de la Comisión Reguladora Nuclear (NCR), cualquier organización que construye -- una planta nuclear deberá tomar medidas para evitar cualquier riesgo indebido a la salud y seguridad del público y deberá también sopesar consideraciones del medio ambiente contra supuestos beneficios de la planta.

Para alcanzar éste resultado, la Comisión Reguladora Nuclear, pública guías y normas técnicas, procedimientos formales de licenciamiento y métodos a seguir.

La aplicación de éstos requerimientos se hace a través del área de -- Garantía de Calidad, es por esto que en la introducción de esta Tesis se hizo mención que la ingeniería debe estar ligada con ésta área.

Garantía de Calidad, será la encargada de implementar a través de procedimientos, instrucciones y entrenamiento de personal, así como de - vigilar por medio de auditorías la correcta aplicación de los requerimientos, como los indicados en el Título 10 del Código de Reglamentos Federales, parte 50, Apéndice B, (10 CFR 50 Apéndice B) y del Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI 45,2).

Una Planta Nuclear tiene de 15 a 20 mil documentos que describen las características de la planta sin un método positivo, para distribuirlos documentos de ingeniería incluyendo las revisiones a éstos, cualquiera podría estar construyendo con criterios diferentes ú obsoletos, Veamos el caso de la construcción del sistema de aire acondicionado, cuáles son los documentos que se manejan:

- 1º- Los planos de proyecto, los cuáles contienen información del tipo que se muestra en la Fig, 4,2, a, del capítulo 4. Estos planos -- son emitidos y controlados por una caseta de expedición y control de documentos, Existe un plano para cada elevación y cada edificio, identificados con un número consecutivo correspondiente.
- 2º- Planos de instalación que contienen información como se muestra - en la figura 4,2,c, capítulo 4, teniendo también un número consecutivo, por edificio y por nivel también llamado plano de despiece,
- 3º- Planos de taller que contienen la información como se muestra en el capítulo 4 (Plano de taller 001), también llamado Hoja de -- Ruta, los cuáles tienen un número consecutivo abarcando cualquier edificio ó elevación.

Ahora bien teniendo en cuenta que el diseño original sufre cambios -- constantes, ya sea por un error en el diseño ó interferencia con otros sistemas, la ingeniería de proyecto y la ingeniería de construcción de berá documentar estos cambios mediante:

- a).- Notificaciones de cambio de diseño (DCN).
- b).- Cambio requerido en campo (FCR).

Entonces el proceso de control es como sigue:

La caseta central de control y expedición emite los documentos a la - caseta del sitio ó aréa de trabajo y esta a la vez los distribuye al - grupo ó individuos que realizan el trabajo en este caso, el grupo de - diseño que elabora los planos de instalación y taller. Cada vez que se recibe un cambio de diseño original o de campo, la caseta del sitio de berá recoger y anotar en cada plano los documentos que están afectando el diseño. Esto implica de los planos de instalación y taller serán -- revisados originando así una secuencia de revisiones, por ejemplo: si un plano tiene revisión cerc (0) y sufre cambios posteriores pasará a ser revisión uno (1) y así sucesivamente.

Entonces este control de documentos nos permite conocer desde el plano de proyecto, cuántos documentos lo afectan, en que fecha fueron recibi dos, así como también saber si éstos documentos ya fueron implementa-- dos a los planos de instalación y de taller, ésto último con mayor -- exactitud ya que cada plano de proyecto contiene una tarjeta de registro, que el grupo de diseñadores deberá revisar frecuentemente para - estar actualizados en las afectaciones de dichos planos,

Por otro lado este control también permite determinar si los cambios - de diseño afectan directamente la fabricación de un sistema de ductos- en tal caso deberá suspenderse la fabricación o hacerse las reparacio- nes necesarias si el cambio de diseño lo permite. En el caso de que el sistema se encuentre instalado se evaluará, si es necesario desmontar éste o sólo hacer reparaciones en campo.

Los cambios de diseño que no afectan la fabricación é instalación, -
deberán hacerse las correcciones previamente a la construcción de --
acuerdo al programa maestro del mismo.

5.2. Proceso de revisiones.-

¿Cuál es el objeto de conocer y llevar un proceso de revisión ?

Veamoslo de esta manera; supongamos que tomamos un plano de taller -
con el ducto no. 1220 del sistema RMA del edificio de Reactor y nota
mos que dicho ducto no coincide con el diseño original mostrado en -
el plano de proyecto. A menos de que exista algún error por el gru-
po de diseño, éste ducto habrá sufrido modificaciones por algún moti-
vo. Esto debe llevarse a cabo como sigue:

- 1º.- El plano de taller é instalación deberá mostrar la referencia al
plano de proyecto del cuál fué diseñado dicho ducto.
- 2º.- El plano de proyecto debe indicar un cambio de diseño en el aréa
dónde se encuentra el ducto en cuestión, éste cambio puede ser --
un cambio de diseño original ó un cambio originado en campo --
(DCN ó FCR) éste último deberá indicar las razones del cambio,
quién lo originó y cuándo, interferencia con otros sistemas, dis-
crepancia en la obra civil, etc.
- 3º.- Si el ducto ha sido fabricado anteriormente a la modificación --
del diseño, el plano de taller deberá tener indicado claramente-
cuáles son los cambios que afectan al ducto, como son, anular --
ducto anterior (ducto recto a una transformación), cambiar bri-
da, recortar ducto, aumentar refuerzos, incrementar soldadura --
etc,
- 4º.- El aréa de programación deberá notificar al grupo de inspección -
é instalación la existencia de la nueva revisión para tomar las --
acciones correspondientes, El grupo de instalación deberá desmon-
tar el ducto para que este sea reparado ó substituído según lo --
índique dicha revisión,

Obviamente, esta revisión debe ser revisada y aprobada por la ingeniería de proyecto tanto en el plano de taller, cómo en el de instalación, para asegurarse de la correcta aplicación de estos cambios.

Por otro lado diremos que cada plano de taller é instalación deberá tener indicado el N° de revisión en que se encuentra, los documentos incorporados en cada revisión, así como la fecha de la emisión de ésta. Además de esto el aréa de taller deberá anotar los datos del material agregado o datos de rastreabilidad como son: N°, de colada, N° del Soldador que hizo la reparación, lote de soldadura, etc. Esto último con la finalidad de que los documentos finales contengan toda la información y éstos, puedan pasar a la bóveda de documentos permanentes y que posteriormente serán revisados por la CNSNS (Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas), la cuál en base a los resultados obtenidos decidirá si un sistema está listo para ser puesto en servicio,

Por último, cabe mencionar, debido a que existen requerimientos pre-establecidos para el proceso y control de revisiones por el aréa de Garantía de Calidad, ésta los vigila a través de auditorías periódicas y si encuentra desviaciones ó no satisfactoria la forma en que se realice, tiene la autoridad de parar el proceso constructivo hasta que se corrijan dichas desviaciones o se tomen otras medidas para satisfacer dichos requerimientos,

5.3.- Modificaciones en Campo.-

Como se hizo mención anteriormente en éste capítulo, existen variaciones en la obra civil en cuánto a penetraciones, colocación de muros, espesores de losas etc. Muchas de estas discrepancias no están contempladas en los planos civiles por alguna ú otra razón, también se habló de interferencias con otros sistemas, como son: tuberías, válvulas, conduits y charolas eléctricas, soportes y estructuras de éstos mismos, que traen como consecuencia el no poder instalar o diseñar según el proyecto original del sistema de ductos, posiblemente sucede que éstos componentes estén construidos con documentos --

que justifiquen sus discrepancias ó simplemente que están instalados utilizando las tolerancias permitidas según el ardo de que se trate.

Ahora bien, si estas discrepancias o tolerancias están causando -- una interferencia al sistema que nos concierne sería más difícil - buscar el origen de esto a través de documentos, si es que éstos - existen, por lo que resulta más sencillo medir físicamente el componente ó estructura en cuestión, tal como su elevación, localización a ejes, diámetros, espesores, identificación, etc., a través de un levantamiento topográfico y notificar esto por medio de un - cambio requerido en campo, (FCR) a la ingeniería de proyecto,

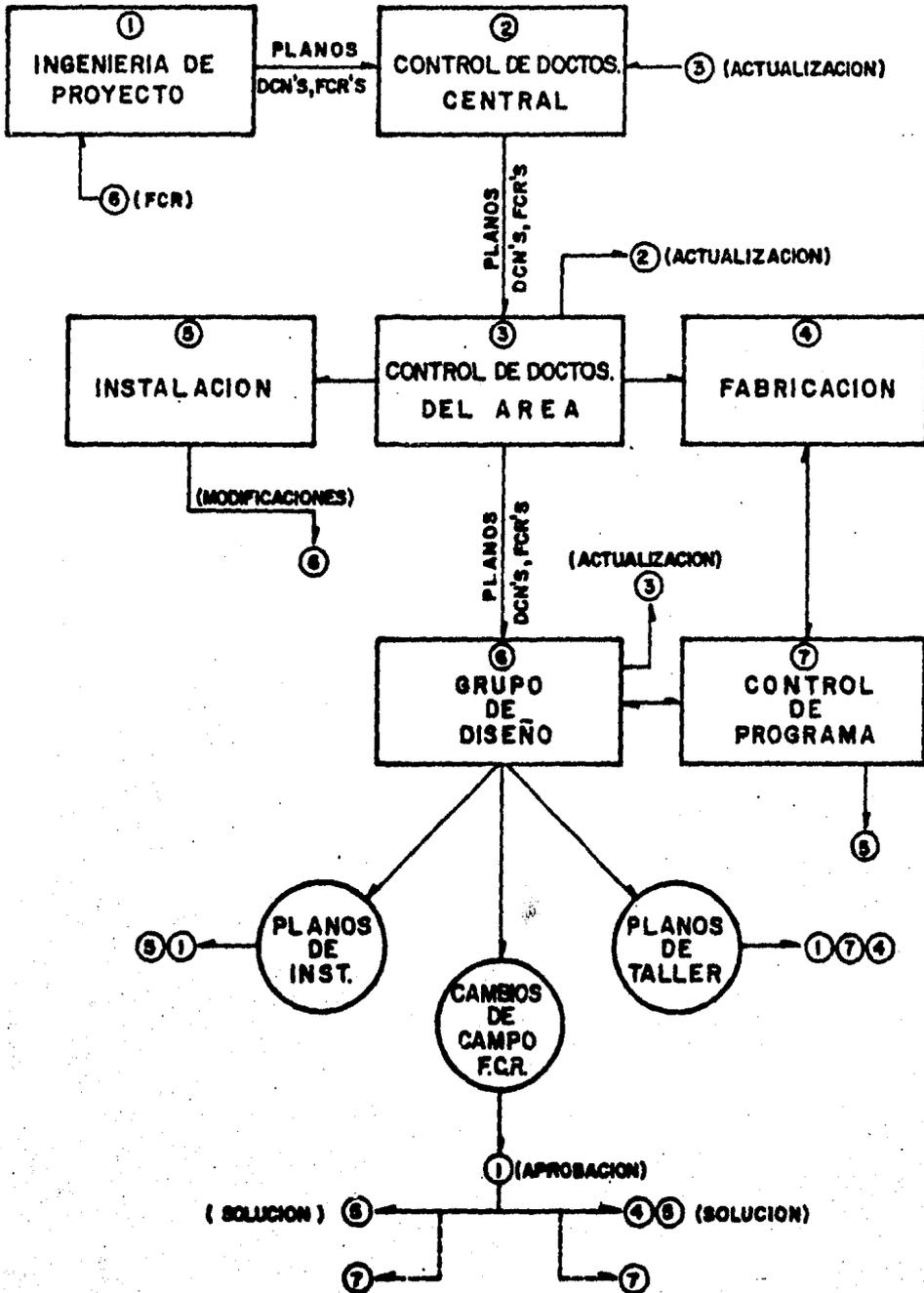
Con éstos datos físicos podrá entonces conocerse la causa de tal - interferencia que puede ser una interferencia de diseño ó una in--terferencia de campo. Por lo que se deberá en el primer caso, de--cidirse cuál de los sistemas involucrados, serán re-diseñados de--pendiendo de la importancia (funcionamiento, seguridad, etc) y - el costo de estos.

Si se trata de una interferencia de campo, Ingeniería de proyecto, discutirá con los grupos adecuados, si se acepta la discrepancia ó cuál de éstas deberá corregirse es decir, instalar de acuerdo al - diseño original. En este caso normalmente se propone a la ingenie--ría de proyecto una solución al problema y ésta solo revisa y --aprueba dicha propuesta,

Dentro de los casos más comúnmente encontrados tenemos: modifica--ciones en longitud de ductos, desviaciones para pasa-muros y losas, eliminación de refuerzos, movimiento de soportes, armado de ductos en partes, por restricción de espacio y maniobras,

El grupo de instalación debe notificar en cualquier caso de estos-cambios, suscitados o requeridos al grupo de diseño, para que éstos--tos sean incorporados a los planos de taller ó instalación con el--fin de que éstos estén identificados, así como conocer la causa de los mismos.

DIAGRAMA DE FLUJO DE DOCUMENTOS TECNICOS DEL AREA



Además deberá cumplir con los requerimientos utilizados y especificados, cómo: procedimiento de soldaduras, pintura, corte, etc.

El que el diseño original acepte estos cambios y/o modificaciones dependerá de una evaluación cuantitativa que permita conocer el buen funcionamiento del sistema y también si éste está relacionado con la seguridad con categoría sísmica, asegurarse que no sucederá una catástrofe de gran consecuencia. Por eso es que algunas veces se opta por modificar o re-diseñar un sistema aún cuándo esto origine un alto costo en la construcción y reduzca el rendimiento de la producción.

De aquí, la importancia de la buena coordinación entre las diferentes ingenierías que diseñan y construyen.

5.4.- Programa de Construcción.-

Para la construcción del sistema de ductos, se requiere también un programa de construcción que nos proporcione una secuencia y objetivos a cumplir.

Definitivamente en éste tipo de obra existe una mayor incertidumbre en cuánto a los problemas que se suscitan, ocasionando así que dicho programa tenga grandes desviaciones,

Los aspectos que contempla este programa son los referentes a la importancia de cada edificio y de acuerdo al funcionamiento de la planta, cuál de éstos deberá ser primeramente terminado,

Una vez establecido esto se da la prioridad a los sistemas que lo componen. Por ejemplo, los edificios deberán estar de acuerdo a la secuencia mostrada a continuación;

N.S.W. (SERVICIO DE AGUA NUCLEAR)	15-DICIEMBRE-1983
TRATAMIENTO DE AGUAS.	11-NOVIEMBRE-1983
REACTOR	15-ENERO - 1985
CONTROL	20-ENERO - 1985
DIESEL	20-DICIEMBRE-1983

Las fechas dadas anteriormente indican la entrega de los sistemas -- para ductos, pero esto no quiere decir que el edificio esté totalmente terminado, ya que dichos sistemas una vez entregados son revisados y verificados por el grupo de operación y éste determinará si dicho sistema requiere de alguna modificación ó corrección como resultado de una verificación de documentación en la recepción del sistema ó de una prueba pre-operacional realizada.

Una vez establecida la prioridad de edificios, se genera la lista de actividades por área o por disciplina.

Ver Figura 5.4. a para el caso del edificio de Reactor, elev. 39,40.

PROGRAMA TRIMESTRAL DE CONSTRUCCION
REACTOR ELEVACION 39.40

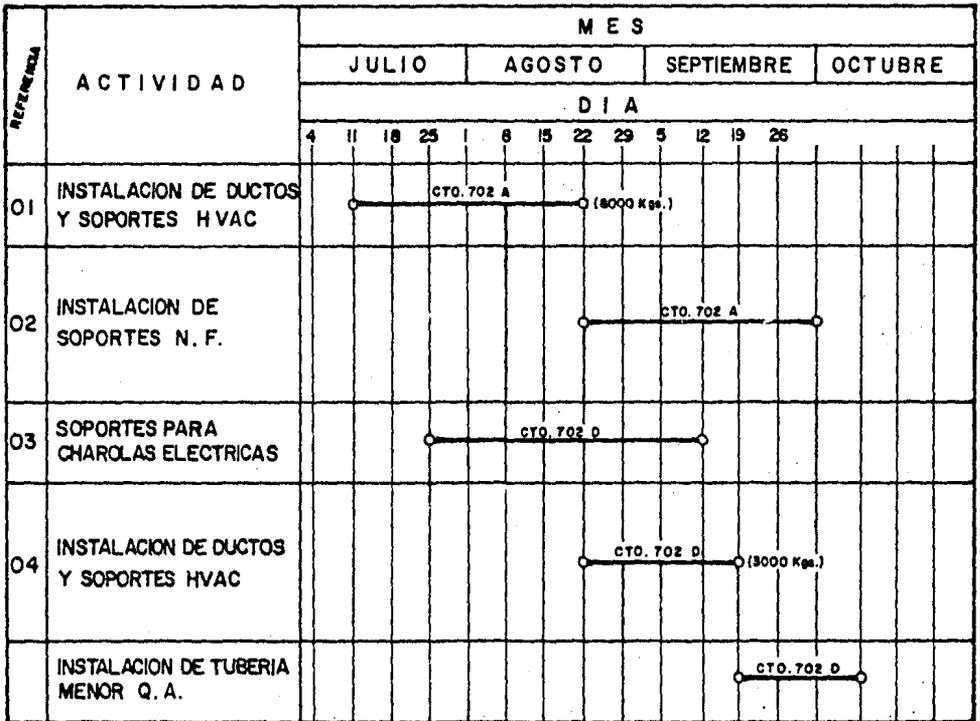


fig. 5.4 (a)

Posteriormente, cada aréa deberá elaborar un programa particular desglosado, como en nuestro caso, para el cuarto 702 A, de la actividad-04, deberá obtenerse la cantidad y número de ductos del sistema localizado en dicho cuarto.

Para que el grupo de instalación inicie sus actividades en la fecha - indicada, la fabricación deberá iniciarse por lo menos con dos semanas de anticipación. Ahora bien, si ésta línea de ductos se compone - aproximadamente de 50 (cincuenta ductos) entonces deberá indicarse - al taller cuántos ductos deberá fabricar por semana y la secuencia de éstos.

Por otro lado el parámetro utilizado para la obtención de producción del taller es en kilogramos. Entonces deberá estimarse en los planos de taller el peso por cada ducto.

De estadísticas se tiene que la capacidad de producción del taller es de 7 toneladas promedio, por lo que deberá hacerse un balance de --- acuerdo a las prioridades del programa, como por ejemplo:

Reactor	- elevación	39,40	-	780 Kgs.	(12 ductos)
Control	- elevación	32,80	-	1,200 Kgs.	(20 ductos)
Diesel	- elevación	14,50	-	800 Kgs.	(13 ductos)
Radwaste	- elevación	10,15	-	2,000 Kgs.	(30 ductos)
Radwaste	- elevación	5,20	-	<u>1,800 Kgs.</u>	(28 ductos).

T o t a l = 7,080 Kgs.

CAPITULO 6

6.- CONCLUSIONES.-

La construcción de un sistema de aire acondicionado en una Planta Nuclear, requiere de conocer la terminología que no es comúnmente utilizada en una obra comercial, es decir aquella que se usa solo en el área nuclear. Podemos decir que no es algo fuera de lo común, pero que por la delicadeza de ésta requiere buscar nuevas modalidades que faciliten la identificación y seguimiento del proceso constructivo.

La preocupación del constructor es siempre el cumplir con los requerimientos de seguridad pre-establecidos por la ingeniería y vigilados por el área de Garantía de Calidad.

En los sistemas sísmicos y relacionados con la seguridad deberá existir siempre la forma de conocer una falla, inclusive si se tienen errores éstos deberán estar identificados y controlados.

Como se ha visto no todos los sistemas tienen un trato nuclear, ya que los sistemas no sísmicos y no relacionados con la seguridad pueden construirse como en una obra comercial con algunos ligeros cambios.

Para la asignación y clasificación tanto de un edificio sísmico y relacionado con la seguridad, requiere de estudios más profundos que con ayuda de tecnologías más avanzadas, en un futuro próximo podrá ser desarrollado por la ingeniería mexicana.

En lo que respecta a las formas constructivas para ductos, existe una gran variedad de éstos, inclusive se han construido ductos de sección trapezoidal, pero siempre se ha tratado de obtener la mejor forma de conducir el aire reduciendo al máximo las turbulencias y pérdidas por fricción.

Aunque algunas veces las condiciones de la obra no permiten seguir las especificaciones tradicionales de dar forma aero-dinámica a un ducto, - por no alterar las estructuras del edificio, lo cuál sería mas riesgoso.

Existen también otros métodos para construir un sistema de ductos ó -- accesorios, pero en nuestro caso se ha tenido que adaptar a nuestras ne- cesidades y recursos con que se cuentan, es decir en otros países, cuen- tan con equipo más sofisticado, que puede agilizar el proceso construc- tivo, así como reducir su costo. Igual sucede con las herramientas y - materiales que no son fabricados en nuestro país.

Se puede decir que se tiene una buena calidad en la construcción, debi- do a la implantación de procedimientos, procesos calificados, toleran-- cias, instrucciones, chequeos y vigilancia que además obligan que desde el ingeniero hasta el obrero tengan una mejor disciplina en el desarro- llo de su trabajo y también a que el control de calidad se hace desde - un punto de vista objetivo, ya que tanto esta aréa como la de Garantía- de Calidad son independientes de la Jefatura del Proyecto.

En el transcurso de éste trabajo se ha hecho hincapié en realizar un -- control é identificación del proceso constructivo, así como de un es-- tricto seguimiento de los requerimientos y especificaciones de la inge- niería por razones ya expuestas anteriormente, entre otras la de la se- guridad al público, por lo que todo individuo involucrado en éstas acti- vidades, está obligado a notificar cualquier discrepancia existente en- el diseño original, ya que es más difícil conocer las consecuencias que ésto acarrea.

La Garantía de Calidad como una filosofía que nos permite asegurar que- la construcción de nuestros sistemas, estructuras ó componentes trabaja- rán satisfactoriamente, es un tanto difícil de asimilar y comprender, - puesto que no es el grupo propiamente llamado Garantía de Calidad, la - que lleva a cabo esto, sino que debe ser todo el conjunto que construc- ye una Planta Nuclear.

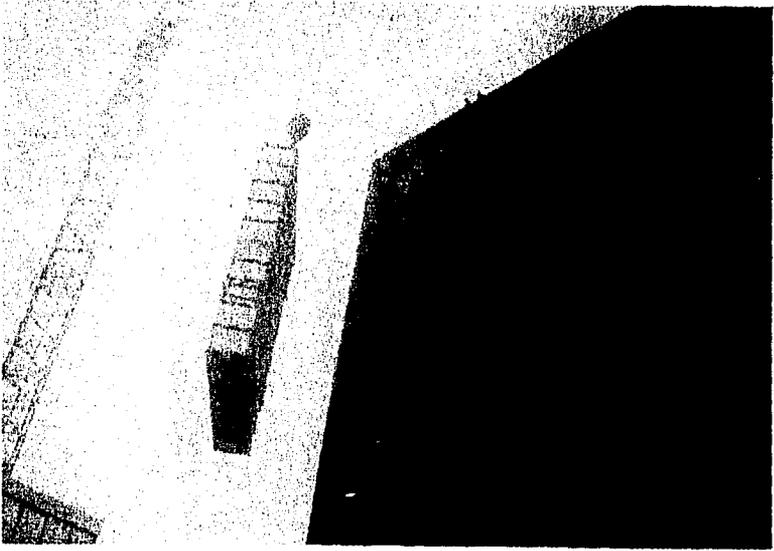
Por último diré, planteándolo. no como una justificación total, que por - tratarse de la primera obra de este tipo en México, no se tiene la experiencia necesaria lo cuál ha ocasionado un alto costo en dicha obra, ya que en algunos casos los errores existentes no pueden ser aceptados y - deberá re-hacerse el trabajo hasta que cumpla con los requerimientos -- pre-establecidos, además se tiene un organismo internacional que verifica la construcción mediante auditorías técnicas (CNSNS) y si ésta en-cuentra desviaciones en el proceso constructivo, de acuerdo a los reglamentos y normas nucleares, puede. implantar un paro de trabajo parcial ó total de la Planta.



Ducto del Edificio de Reactor línea de extracción (chimenea) muestra una protección al viento para lograr la calidad de la Soldadura.

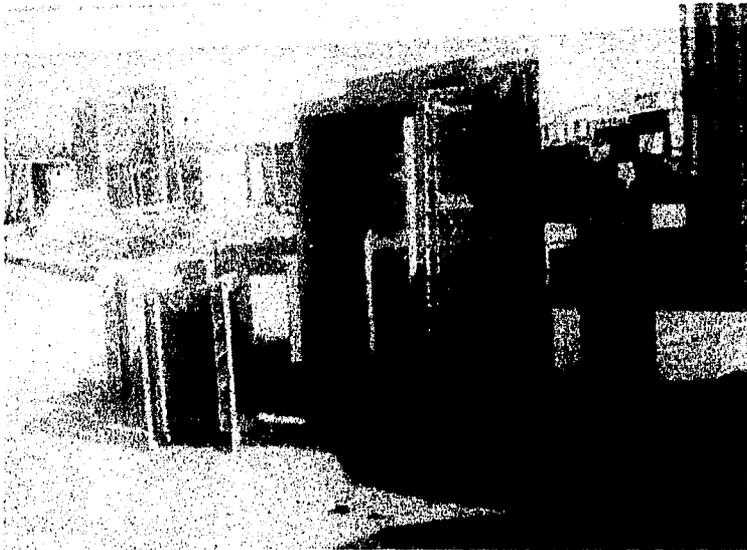


Mismo ducto comparado con el tamaño de un hombre.

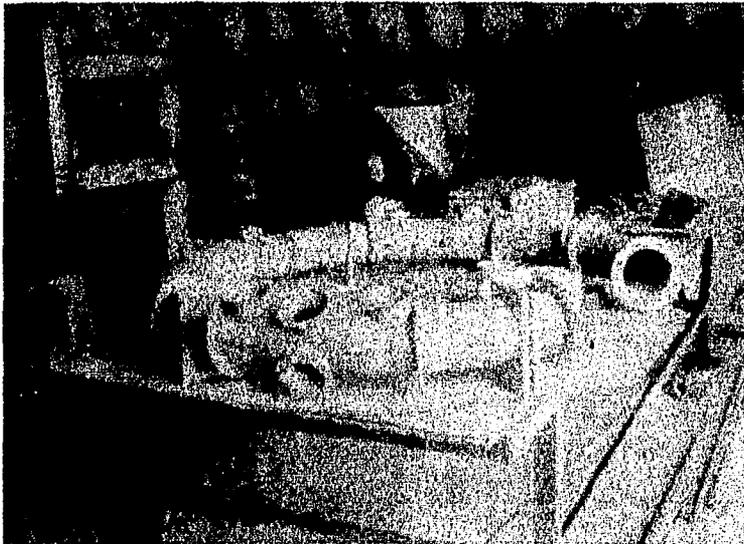


Izado del ducto a la elevación
75.00 Mts. S.N.M., para colo--
carse en la estructura de la -
línea de extracción del Edifi-
cio de Reactor.

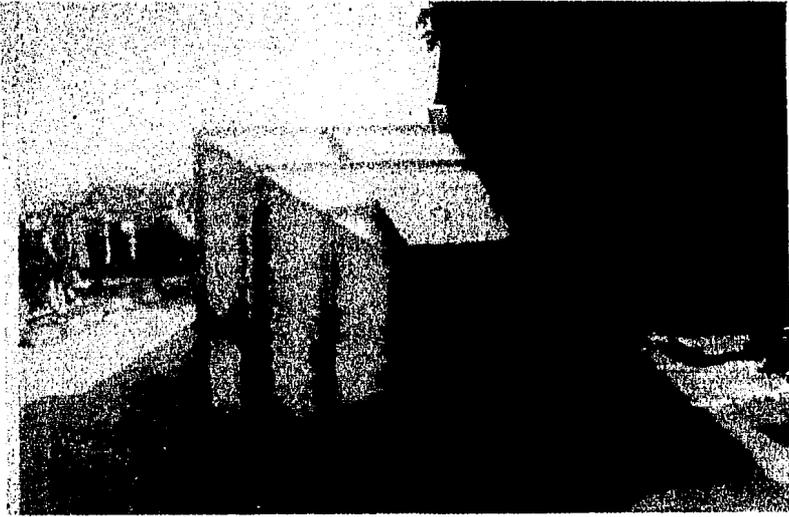




Conexiones flexibles Edificio de Servicio de Agua Nuclear
(N.S.W.)



Modelo a escala del RING HEADER (Cabezal) como guía para la
Fabricación e Instalación.



Ducto de transición sección rectangular con puerta para acceso a mantenimiento de compuerta del Edificio de Reactor.



Ducto en transformación de circular a rectangular Edificio de Generadores Diesel.