

Instituto Tecnológico Regional de Veracruz

**Programación de Seguridad Industrial en el
Centro Nuclear de México**

Tesis Profesional

Que presenta:

MARIA ESTHER MARTINEZ PARDO

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

OPCION QUIMICA

H. Veracruz, Ver.

1973



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN
SUPERIOR

INSTITUTO TECNOLÓGICO REGIONAL DE VERACRUZ

CALZADA CIRCUNVALACION NORTE E ICAZO
APOD. POSTAL 539 TELS. 2-41-77
2-37-81

HEROICA VERACRUZ, VER.

Junio 3 de 1973.

DEPENDENCIA: DIRECCION.
SECCION: DIV. EST. SUP.
NUMERO DE OFICIO: 16
EXPEDIENTE: 81-61.1

ASUNTO: Autorización de Impresión
Tesis Profesional.

A LA C.
MA. ESTHER MARTINEZ PARDO.
CASANTE DE INGENIERIA INDUSTRIAL
EN QUIMICA.
P R E S E N T E ;



DIVISION DE ESTUDIOS
SUPERIORES

En referencia a la aprobación del Tema de Tesis:

"PROGRAMACION DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL CENTRO HIPOLABO DE MEXICO"

hecha anteriormente y de acuerdo con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo con respecto a su Tesis desarrollada, comunico a usted que:

Esta División de Estudios Superiores concede su autorización para que proceda a la impresión de la misma.

A T E N T A M E N T E

ING. JOSE MANUEL TRUJILLO SEDILLO.
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES.

c.c. Expediente de la Casante.

JDM:eam.

A mis padres y hermana.

A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y confianza durante mis estudios y en la elaboración del presente trabajo, mi sincero - agradecimiento.

A S E S O R I A :

Ing. Genaro Martínez Vionet, del
Centro Nuclear de México.

Ing. Everardo Sousa Landa, del
Instituto Tecnológico Regional
de Veracruz.

Esta tesis se desarrolló en las instalaciones del Centro Nuclear de México, con la ayuda económica del Instituto Nacional de Energía Nuclear.

I N D I C E

	Página	
	Introducción	2
Capítulo I	Generalidades	3
Capítulo II	Condiciones de trabajo y de seguridad en áreas de Talleres Generales, Laboratorios y tránsito dentro del Centro Nuclear.	18
Capítulo III	Consideraciones de Seguridad Industrial y Seguridad Radiológica.	25
Capítulo IV	Resumen y conclusiones.	65
	Apéndice	68
Capítulo V	Referencias bibliográficas	69

I N T R O D U C C I O N

El contenido del presente trabajo de investigación como tema de Tesis, resume las experiencias de la sustentante en materia de Seguridad, siendo los motivos que lo originaron los siguientes:

Al efectuar las prácticas profesionales, observé que en las Empresas no le concedían a la Seguridad Industrial la importancia que debe tener, quizá porque desconocían todas las ventajas que se obtienen al trabajar, siguiendo las normas establecidas de Seguridad, y decidí entonces proporcionar un informe en donde se establecieran las reglas de protección para todos los trabajadores, y además haciendo hincapié en la importancia de las estadísticas de accidentes, ya que los datos que nos muestran, son de suma importancia para la Empresa. En particular, se presenta el estudio realizado en el Centro Nuclear de México.

La finalidad del presente fué determinar cuáles eran las condiciones y necesidades de Seguridad existentes en cada área de trabajo del Centro Nuclear, obteniéndose ésto durante el desarrollo de las actividades programadas con anterioridad (Programa de Seguridad e Higiene Industrial) y de esta manera saber si la programación de dichas actividades cubría adecuadamente todos los aspectos desde el punto de vista de Seguridad e Higiene Industrial.

CAPITULO I.

GENERALIDADES



El Centro Nuclear de México es una dependencia del Instituto Nacional de Energía Nuclear, el cual está dedicado a la investigación y aplicaciones de la energía nuclear con fines pacíficos, que puedan desarrollar un programa de producción de energía nucleoelectrónica. Se encuentra localizado en el kilómetro 36.714 de la carretera federal México-Toluca, en Salazar, Estado de México, a 3000 mts. de altura sobre el nivel del mar.

Para instalar este Centro, se hizo un estudio para la selección del sitio adecuado, enfocándose éste en seis puntos alrededor de la Ciudad de México, por ser éste el lugar en donde se encuentran las Universidades, Institutos Técnicos y Centros de Investigación más importantes del país.

Los lugares que fueron estudiados son:

- 1.- Atizapán, Estado de México.
- 2.- Venta de Carpio-Tepexpan, Estado de México.
- 3.- Texcoco, Estado de México.
- 4.- Chalco, Estado de México.
- 5.- Parrés, Distrito Federal.
- 6.- Salazar, Estado de México.

Estos lugares están situados, con respecto a la Ciudad de México, de la siguiente forma: los dos primeros al Norte, el tercero y el cuarto al Este, el quinto al Sur y el sexto al Oeste.

También se hicieron estudios comparativos de Meteorología, Sismología, Mecánica de Suelos, Hidrología, Población y tendencia de crecimiento de ésta. Analizando cada uno de estos casos:

METEOROLOGÍA.

Se tomó en cuenta las siguientes características meteorológicas:

- 1.- Clasificación climática.
- 2.- Distribución e Inversiones de temperatura
- 3.- Distribución de la precipitación pluvial
- 4.- Características de vientos y circulación en el Valle de México y sus alrededores.
- 5.- Difusión Atmosférica.

Al sur y al oeste del Valle de México, se encuentra clima templado, moderadamente lluvioso, al noroeste es clima seco, estepario, en la región central y oriental de la Ciudad de México, se tienen características de las otras zonas climáticas.

Al sur, sureste y suroeste, existen temperaturas más frías, al noroeste (Tepexpan), la temperatura media es 33.2°C, en el suroeste (Tacubaya), es de 26.6°C y en la región montañosa, la temperatura es de 22.6°C.

Las partes central y norte de la planicie, son las menos lluviosas, registrándose la mayor precipitación pluvial en las partes más frías y la región montañosa.

Durante mayo a octubre, hay vientos húmedos del este, que originan la mayor precipitación pluvial. En el resto del año, las masas de aire polar dan origen a vientos secos del oeste. Los vientos soplan con más frecuencia del nor

te y noroeste, de Junio a Noviembre.

En la región baja de las montañas, las propiedades de difusión del aire, son mejores que en la planicie. En la zona semiárida, se tienen más inversiones, que originan poca vegetación y falta de humedad. Por lo tanto, la zona más adecuada es, desde el punto de vista meteorológico, aquella en donde los vientos dominantes soplan hacia regiones poco pobladas y en donde son poco frecuentes las inversiones de temperatura y por ende, la planicie semiárida es la menos adecuada y la parte alta de las montañas, es la que resulta apropiada.

SUBSUELO

Geológicamente, Atizapán, Venta de Carpio, Tepexpan, Texcoco y Chalco, tienen capas de arcilla blanda, y en Salazar y Parrés, el subsuelo es en general compacto.

El punto de vista sísmológico es importante, porque la Ciudad de México se encuentra situada en una zona en la que los terremotos de poca intensidad, son bastante frecuentes. La clasificación de: Excelente, Bueno, Regular, Malo y Pésimo, que aparece en el cuadro de la hoja No. 8, se basó en los coeficientes sísmicos recomendables para estructuras de concreto, depósitos elevados y construcciones masivas de gran volumen, como lo es un reactor nuclear.

Sobre mecánica de Suelos, los aspectos que influyeron para la clasificación fueron: Perfil geológico, nivel freático, comprensibilidad, capacidad de carga de la superficie y espesor de formación arcillosa, ya que estos datos se necesi

tan para las estimaciones de asentamientos y procedimientos de construcción.

En cuanto a Hidrología, se tomó en cuenta la localización y aforo de los ríos próximos a los lugares propuestos, intensidad de la lluvia media anual, zona de probable desarrollo agrícola próximo a cada sitio, conductos de abastecimiento de agua a la Ciudad de México y sus contribuciones.

Con respecto a la población, se hizo un estudio acerca de la población en cada zona y población acumulativa, en las zonas comprendidas entre 1 y 30 km. en forma concéntrica a cada sitio elegido. El criterio que se tomó en cuenta, es el de la población en círculos de radio relativamente pequeños, porque se supuso que en el Centro Nuclear que se instalaría, no se permitirían dispositivos en los que el accidente máximo verosímil pueda causar efectos apreciables a distancias superiores a 5 km. De acuerdo con lo anterior, se observó -- que en el radio de 5 km. se comprueba que Texcoco y Chalco -- están en desventaja, con respecto a los otros sitios:

	SALAZAR	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	VENTA DE CARPIO O TEPEXAPAN	TEXCOCO	CHALCO	PARRES
Población en el Km. 5	4,640	1,770	4,780	15,259	12,630	10,000
Población - Acumulativa, del Km. 4 al 5.	10,360	8,360	11,950	48,396	34,330	10,000

RESULTADOS COMPARATIVOS DE LAS CARACTERISTICAS ESTUDIADAS

SITIOS PROPUESTOS	POBLACION	METEOROLOGIA	GEOLOGIA	SISMOLOGIA	MECANICA DE SUELOS	HIDROLOGIA	PROBABILIDAD DE DESARRAIGO AGRICOLA.
Salazar	R	B	E	B	E	B	E
Atizapán	R	R	M	M	M	R	B
Venta de Carpio Tepexpan	B	P	M	M	P	M	M
Texcoco	M	P	M	M	M	R	M
Chalco	M	M	M	M	P	R	P
Parrés	B	B	E	B	E	R	E

SIMBOLOGIA: E - Excelente B - Bueno R - Regular M - Malo P - Pésimo

De acuerdo con el cuadro, se desprende lo siguiente:

Salazar y Parras, presentan ventajas en casi todos los aspectos; Chalco, Texcoco y Tepexpan, resultan inadecuado.- Atizapán resulta en una posición intermedia, pero las características de su subsuelo y el hecho de que en un círculo - de 30 kms. de radio cuenta con una población de más de cuatro millones de habitantes, hacen que su elección no sea recomendable.

Una vez realizados todos los estudios anteriormente -- mencionados, se decidió que el lugar idóneo para la cons--- trucción de un Centro Nuclear, era Salazar, en el Estado de México.

Cuatro aspectos principales de trabajo asigna el Instituto Nacional de Energía Nuclear al Centro Nuclear de México:

- a).- Investigación Científica.
- b).- Investigación Tecnológica.
- c).- Adiestramiento, Capacitación y Formación de personal a niveles medios y superiores.
- d).- Servicios.

Básicamente constituidos por la producción de radioisótopos de vida media corta en el reactor; análisis por activación; construcción de equipo y desarrollo de trabajos especiales de investigación en los campos industrial, agrícola, hidrológico, genético y médico. Producción de combustibles nucleares para la planta Nucleoeléctrica, con la que - contará el país próximamente.

Se cuenta con tres áreas de trabajo, que son: Talleres-generales, Acelerador y Reactor.

En el área de Talleres generales existen las siguientes instalaciones:

Nave de Talleres
Laboratorio de Circuitos Integrados
Taller de Electrónica
Ingeniería Electrónica
Normas Radiactivas
Combustibles Cerámicos
Elementos Combustibles
Ultracentrifugas

La nave de talleres tiene equipo con el que se fabrican aparatos de investigación especiales, como por ejemplo el -- acelerador de electrones, así como diversas partes que integran las plantas piloto que investigan procesos de beneficio de minerales uraníferos. Los grupos de electrónica producen equipos electrónicos especiales para los diferentes grupos - de investigación del Centro, incluidos los estudios en micro circuitos; además de las actividades de diseño y producción de dichos circuitos electrónicos, también realizan el mantenimiento, correctivo y preventivo, de los mismos.

Normas radiactivas dá los patrones a seguir en la calibración de equipos, etc., Ultracentrifugas investiga el enriquecimiento del Uranio natural usando máquinas ultracentrifug

gas. Combustibles Cerámicos y Elementos, desarrollan técnicas para la fabricación de los combustibles nucleares que usará en un futuro muy próximo el reactor de potencia de la planta nucleoelectrónica que se está instalando en Laguna Verde, Estado de Veracruz.

Area del Acelerador.

Las instalaciones que se localizan en este conjunto son:

Nave del Acelerador

Nave de Talleres

Laboratorio de Electrónica

Laboratorio de Contadores

Laboratorio de Detectores

Laboratorio de Plasmas

Departamento de Desarrollo de Aceleradores

Departamento de Cómputo

Departamento de Administración y Coordinación del Centro.

En la primera área, el equipo principal es el Acelerador Tandem Van de Graaff de 12 millones de electrón-volts, usado en la aceleración de partículas positivas, con el fin de efectuar experimentos en Física de Reacciones nucleares. En el taller se construyen los aparatos requeridos en las investigaciones, y se reparan piezas del Acelerador, contando con máquinas herramientas propias de un taller mecánico, aunque de menor tamaño que la Nave de Talleres Generales.

En Plasmas hacen investigaciones con el propósito de estar al día y participar así en la búsqueda de nuevas fuentes de energía, en este caso la fusión, que se contempla como una fuente de energía que vendrá a ser más útil y duradera que la energía producida por la fisión del Uranio.

En los laboratorios de detectores, investigan detectores de estado sólido, en el de contadores fabrican éstos; el departamento de desarrollo de aceleradores estudia el diseño de Aceleradores para aplicaciones de tipo industrial, como son la conservación de alimentos.

El edificio del Acelerador, fué diseñado con muros de concreto de 70 cm de espesor hacia el exterior y hasta de 120 cm entre el acelerador (sala de blancos) y el cuarto de control; cuenta con puertas deslizables de concreto, cuyo peso aproximado es de 30 tons. Este blindaje es necesario para reducir a niveles tolerables las radiaciones que se producen cuando el equipo está en funcionamiento.

En área de Servicios (Mantenimiento) se divide en:

Subestación
Calderas
Plomería
Carpintería

Para de este modo satisfacer todas las necesidades de las instalaciones de este Centro Nuclear.

En el área del Reactor se localizan:

Reactor Nuclear
Celdas Calientes
Taller Mecánico
Taller Electrónico
Actinometría
Descontaminación
Metalurgia Extractiva
Refinación y Conversión
Bioquímica y Química Agrícola
Producción de Radioisótopos
Análisis por Activación
Física Atómica
Aplicaciones Industriales
Química Nuclear
Química bajo Radiaciones.

El Reactor de Investigación TRIGA MARK III es un reactor de núcleo móvil, tipo alberca, enfriado y moderado con agua desmineralizada, de 1 Mwatt de potencia, y que utiliza elementos combustibles homogéneos de Uranio e Hidruro de Zirconio como moderador, estando enriquecido al 20% de Uranio - 235. En el núcleo del reactor se dispone de un flujo de 3×10^{13} n/cm².

El reactor cuenta con las siguientes instalaciones experimentales:

Cuarto de Exposición, totalmente blindado, para la irra

diación de sistemas biológicos, químicos, etc.

Columnas térmicas, horizontales y verticales, donde se tiene un flujo de neutrones térmicos. Haces radiales para experimentos con haces de neutrones (epitérmicos, rápidos, lentos).

Sistema de irradiación rotatorio o SIRCA, usado en análisis por activación y en producción de radioisótopos.

Sistema neumático o SINCA para radioisótopos de vida media corta.

La alberca del reactor, el núcleo y las instalaciones experimentales están rodeadas de una estructura de concreto como blindaje. El blindaje vertical en la alberca lo proporcionan unos seis metros de agua medidos del núcleo del reactor hacia arriba. El edificio del reactor está construido de una armadura de acero estructural con concreto reforzado, paredes de mampostería y techo de hormigón. Las celdas calientes están construidas de concreto baritado, diseñadas para 10 000 Ci de radiación gamma. En los laboratorios calientes se construyeron las paredes de acero estructural, concreto, piedra y vidrio y el techo de hormigón; un laboratorio caliente es el que está diseñado para el manejo de materiales radiactivos donde la actividad de las fuentes es tan alta (50 mCi o más), que son necesarias precauciones especiales en su manejo.

PRODUCCION DEL CENTRO NUCLEAR

Se producen sobre pedido, radioisótopos tales como Au¹⁹⁸

coloidal, etc., para satisfacer la demanda, tanto de los laboratorios del Centro, como de los hospitales e Institutos - de Investigación que manejan radioisótopos.

Los radioisótopos tienen una gran aplicación en nuestro país en la rama de Medicina: en diagnóstico para conocer el funcionamiento de ciertos órganos, como por ejemplo la tiroides, ya que los radioisótopos de los elementos presentes normalmente en el cuerpo (Fósforo, Calcio, Azufre, Hierro, Estroncio, Iodo) participan en el proceso metabólico y se comportan como isótopos estables de esos mismos elementos. Por lo tanto, la Medicina Nuclear trata del estudio del comportamiento de sustancias radiactivas ingeribles para diferentes tipos de tratamientos; la medicina nuclear usa máquinas de rayos X en diagnóstico médica para observar partes interiores del cuerpo y ver el estado o condiciones en que se encuentran; los radionúclidos los emplean para conocer, volúmenes de agua, volúmenes de sangre, funcionamiento de órganos, localización y tamaño de tumores malignos. La radioterapia consiste en el tratamiento de tumores con fuentes de radiación (máquinas de rayos X, de Co^{60} , y radionúclidos).

Se hacen investigaciones sobre los efectos genéticos de las radiaciones en los organismos vivos.

En química Agrícola, se emplean las radiaciones, con el objeto de estimular el crecimiento de las plantas, germinación de las semillas, maduración del fruto. También se usan para determinar el grado de fertilidad, humedad y densidad del te-

rreno. Usando los radioisótopos como trazadores, podemos conocer el metabolismo y nutrición de las plantas, enfermedades que las afectan, acción del fertilizante, etc.

En aplicaciones Industriales se usan los radioisótopos trazadores, a fin de conocer y estudiar las tendencias de las reacciones químicas en un reactor químico, etc. También se usan, aquí en México, para medir espesores de materiales, para detectar la calidad de piezas fundidas de gran tamaño. En Química bajo radiaciones, estudian los cambios químicos que sufre la sustancia sometida a radiaciones.

Las aplicaciones a la hidrología de los radioisótopos son: el marcado de las arenas para conocer las corrientes marinas y pluviales, azolvamientos, etc.

La investigación tecnológica comprende el estudio de técnicas diferentes para el procesamiento de los combustibles nucleares, los cuales se proyecta obtener de acuerdo con el diagrama de flujo que se muestra en el dibujo No. 1 en el Apéndice, en donde se indican además las operaciones que realiza cada laboratorio, empezando con Metalurgia Extractiva, Refinación y Conversión, Combustibles Cerámicos y finalmente con elementos Combustibles.

La sección de Actinometría proporciona el servicio de revelado de las placas fotográficas de los dosímetros del Centro y de los del personal que labora con material radiactivo en los distintos Centros Hospitalarios y de Investigación con los que en la actualidad cuenta nuestro País.

Con esta breve descripción de las instalaciones y producción del Centro, así como las aplicaciones de los radioisótopos, deducimos que el personal debe contar con protección industrial y radiológica, por requerirlo así el trabajo que desarrollan.

Para lograr lo anterior, se cuenta con el departamento de Seguridad del Centro, que es el que indica las medidas a seguir según sea la actividad a desarrollar.

C A P I T U L O I I

Condiciones de trabajo y de Seguridad en áreas
de Talleres Generales, Laboratorios y Tránsito
del Centro Nuclear.

El personal que labora en el Centro Nuclear es de 452 personas, de las cuales resultaron accidentadas 41, con 6 sin incapacidad.

El área de mayor peligro es la de los TALLERES GENERALES, siguiendo en orden decreciente el área del ACELERADOR y finalmente el área del REACTOR.

Los tipos de lesiones más frecuentes son:

- a).- Cortadas en las manos, debidas al descuido de los operarios que trabajan sin usar sus guantes de protección.
- b).- Cuerpos extraños en los ojos, que por lo general son rebabas, salpicaduras de pinturas, barnices, o reactivos químicos; esta clase de lesiones han originado incapacidades.
- c).- Manejo de esmeriles portátiles, ya que al menor descuido del operario se producen accidentes bastante graves que ocasionan incapacidad.
- d).- Reactivos químicos: han ocurrido quemaduras, debidas básicamente al descuido del personal al manipularlos.
- e).- Descuido del personal, que deja material y extensiones eléctricas en los pisos de las zonas de trabajo.
- f).- Falta de conocimientos sobre manejo de instrumentos, -- pues durante la realización de este trabajo se produjeron dos explosiones en laboratorios diferentes, sin que se tuviera que lamentar desgracias personales, sin embargo, afectaron al equipo.

g).- Falta de disciplina: en el control de Seguridad Radiológica se han reportado varias personas que han sufrido exposiciones ligeramente mayores a las máximas permisibles, motivadas por desobediencia y negligencia del personal al seguir las instrucciones que recomienda el oficial de Seguridad Radiológica. La dosis permisible es - 2.5 mR/hr; en una semana de 40 hrs. deberá recibir como máximo 100 mR/hr. Los tipos de accidentes más frecuentes desde este punto de vista han sido al entrar a las áreas controladas cuando el equipo se encuentra en operación, o transportar con la mano los contenedores, recibiendo dosis de 5 R/hr.

h).- Contaminación: se ha reportado que en ocasiones no se descontamina adecuadamente un área, o que los desechos radiactivos no han sido tratados como es debido. La contaminación puede ser por ingestión, inhalación o que el material radiactivo quede en contacto con la piel, algunas veces se ha elevado la concentración de ciertos radionúclidos dentro del organismo. Estos tipos de accidentes no son tan frecuentes como los descritos anteriormente.

De acuerdo con las actividades de los accidentados (ver dibujo No. 5 en el apéndice) se desprende que son en primer término los mecánicos los que con mayor frecuencia sufren accidentes, siguiendo, principalmente, los soldadores, los ayudantes de taller y los ayudantes de laboratorio. Las áreas donde debe realizarse una labor prevencionista son los talleres y laboratorios, en especial los localizados en el Reac-

tor, y en el edificio de Talleres Generales.

Ya que se ha enfatizado todo el riesgo que está implícito al manejar material radiactivo, puede decirse que no se han tenido unos índices de exposición mayores que los admisibles, sin conocimiento de causa, o una contaminación con concentraciones superiores a las permisibles, porque no se ha llegado al límite de éstas.

Por otra parte, los mayores riesgos que se tienen son de tipo industrial, probablemente a que se insiste en que todo el personal conozca los riesgos en la manipulación de material radiactivo, y se ha descuidado el aspecto de Seguridad Industrial, el cual es necesario porque se trabaja con equipo eléctrico, máquinas herramientas, materiales cortantes, reactivos químicos, etc.

Se realizó un estudio de los accidentes ocurridos en el Centro Nuclear durante los meses de Junio a Diciembre de 1972, con la finalidad de formar las estadísticas de Seguridad y obtener conclusiones de éstas, las que se presentan en el apéndice, dibujos No. 2 al No. 7.

El resultado del análisis de los accidentes ocurridos es el siguiente: Porcentaje de personas accidentadas: 8.18584.

Del total de los accidentes ocurridos, 13 (31.70731%), afectaron a la cabeza, de la siguiente forma: 9 accidentes de cuerpos extraños en los ojos, 1 accidente al oído (otitis) 2 quemaduras en la boca y quemadura en la cara y cuello.

18 accidentes (43.90243%) afectaron a los miembros superiores, como sigue: 16 cortadas en las manos, 1 golpe contu-

so en el codo y 1 quemadura en la palma de la mano.

1 (2.43902%) al tronco, fué un golpe contuso en la masa dorso-lumbar.

9 (21.95121%) a los miembros inferiores, a saber: 3 cortadas en la pierna, 1 cortada en el pie, 2 golpes contusos - en la rodilla, 1 esquinca en el pie, así como 2 golpes contusos en la rodilla, 1 esquinca en el pie, así como 2 golpes - contusos en éste.

De acuerdo con los días de la semana en que se produjeron accidentes, se obtuvo el siguiente resultado:

Días de la semana	No. de accidentes	Porcentaje
Miércoles	12	29.26829
Lunes	10	24.3902
Martes	10	24.3902
Viernes	5	12.19512
Jueves	4	9.75608

En lo que a áreas de trabajo se refiere, en el área de Talleres Generales ocurrieron 21 accidentes (51.21951%); en el área del Acelerador ocurrieron 11 accidentes (26.82926%) y en el área del Reactor hubo 9 accidentes (21.95121%).

Del total de accidentes ocurridos (41), en el 87.80487% (36 accidentes) fueron leves, es decir, que no ocasionaron - incapacidad, y el 12.19513% (5 accidentes), fueron acciden--tes con incapacidad, perdiéndose en total 13 días. De éstos, 5 fueron motivados por cuerpos extraños en ojos, 3 por una - cortada en la pierna, cerca de la rodilla, 3 por un esquinca

en el pie, y 2 por quemaduras en las mucosas orales.

El 53.65853% (22 accidentes), tuvieron lugar por descuido personal, el 26.82926% (11 accidentes), por no tener el equipo de protección, el 7.31707% (3 accidentes), por no usar su equipo de protección, el 4.87804% (2 accidentes), por descuido de terceros, y el 2.43902% (1 accidente), por tener herramienta o equipo inadecuado, por tener equipo en mal estado y por ser un evento inesperado, respectivamente.

Los días trabajados en cada mes, multiplicados por 7 horas de trabajo y por 452 personas, nos dan las horas hombre-trabajadas durante ese tiempo. Las fórmulas usadas para obtener los índices de Frecuencia y Gravedad son:

$$F = \frac{\text{Número total de accidentes} \times 1000000}{\text{horas hombre trabajadas.}}$$

$$G = \frac{\text{Número de días perdidos} \times 1000}{\text{horas hombre trabajadas.}}$$

De acuerdo con lo anterior, se obtienen los siguientes valores

$$F = 87.21919$$

$$G = 0.02765$$

Debido a que el I.M.S.S. tiene establecida una clasificación para las Empresas, según sus índices de Frecuencia y de Gravedad, a que considera que las horas trabajadas por un hombre en un año son 2 384 (tomando en consideración que son 298 días laborables, una jornada de 8 horas, no se trabajan-

52 domingos, y se conceden 10 días de vacaciones y 5 días --
festivos por Ley) y señalando que las fórmulas que usa este-
organismo indican que son horas hombre trabajadas durante un
año, se obtiene.

$2\ 384 \times 452 = 1\ 077\ 568$ horas hombre trabajadas en un año.

Número total de accidentes: 41

Número total de días perdidos: 13.

$$F = \frac{41 \times 1\ 000\ 000}{1\ 077\ 568} ;$$

$$F = 39.048642$$

$$G = \frac{13 \times 1\ 000}{1\ 077\ 568} ;$$

$$G = 0.01207$$

Es necesario aclarar que, en los últimos meses, se tie-
nen aparentemente más accidentes, pero esta situación se pre
senta, ya que anteriormente no se registraban todos los acci-
dentes que ocurrían, sino nada más los que ameritaban acudir
al servicio médico.

C A P I T U L O I I I

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y

SEGURIDAD RADIOLOGICA.

Para la Seguridad Industrial, se elaboró un Programa de Seguridad e Higiene Industrial, con el objeto de desarrollar un sistema funcional y eficiente de prevención de accidentes a personas y daños a equipo e instalaciones del Centro Nuclear, siendo las actividades a desarrollar:

- I.- Reglamento de Seguridad e Higiene Industrial, (el cual se encuentra actualmente en revisión).
- II.- Desarrollo de actividades relacionadas con Higiene Industrial.
- III.- Actividades encaminadas a la prevención de accidentes personales (a)
Prevención y combate de incendios (b)
- IV.- Inspecciones de condiciones de Seguridad a Edificios e Instalaciones.
- V.- Desarrollo de Estadísticas de Seguridad Industrial.
- VI.- Reorganización del personal de Vigilancia del Centro Nuclear.

Describiendo en forma breve cada uno de los puntos citados:

I

El Reglamento de Seguridad e Higiene Industrial, contiene todas las disposiciones que deben observarse al ejecutar cualquier trabajo; asimismo, se indican las -

disposiciones para el tránsito de vehículos dentro del Centro Nuclear.

II

- 1).- Se estudian las condiciones de Sanidad en las áreas de trabajo (temperatura, humedad, contaminantes).
- 2).- Se supervisa el aseo en los servicios (baños, vestidores, sanitarios).
- 3).- Iluminación en áreas de trabajo.
- 4).- Limpieza en la ropa de trabajo.

III

- 1).- a) Pláticas sobre Seguridad Industrial al personal de Talleres y Laboratorios.
- 2).- Investigación de condiciones de Seguridad en lugares de trabajo (hojas impresas).
- 3).- Investigación de la forma de trabajo (segura ó insegura) de los operarios (hojas impresas).
- 4).- Investigación del uso y necesidades del equipo de protección personal por los operarios (hojas impresas).
- 5).- Colocación de letreros y carteles de Seguridad en las áreas de trabajo.
- 6).- Inscripciones a revistas sobre Seguridad y asistencia del personal de Seguridad a cursos, seminarios y congresos sobre Seguridad Industrial (Proyecto).

(b)

- 1).- Investigación sobre el sistema para la prevención de incendios.
- 2).- Adiestramiento del personal en el manejo de extinguidores.
- 3).- Formación de brigadas contra incendio (Proyecto).
- 4).- Reglas de seguridad en trabajos de soldadura, realizados en áreas de trabajo en donde haya riesgo de incendio.
- 5).- Ejecución de simulacros contra incendio (Proyecto, aunque se ha puesto a funcionar el carro de bomberos, con el objeto de que el personal de Seguridad conozca el manejo de esta unidad).
- 6).- Inspecciones rutinarias en los laboratorios que trabajan con solventes o materiales de combustión violenta.
- 7).- Programación de películas de adiestramiento sobre sistemas contra incendio.
- 8).- Supervisión de trabajos a contratistas.
- 9).- Inspecciones rutinarias al equipo contra incendio para mantenerlo en condiciones adecuadas de funcionamiento.

IV

- 1).- Inspecciones: rutinarias, mensuales y semestrales,

acerca de: edificios, tuberías, instalaciones eléctricas, calderas, sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire, grúas viajeras, etc.

- 2).- Elaboración de solicitudes de trabajos de mantenimiento, permisos para realizarlos, con el objeto de evitar poner en peligro la seguridad del personal.

V

- 1).- Elaboración de formas impresas de registro de: número de accidentes personales, índice de frecuencia, índice de gravedad, incendios ó explosiones, accidentes en equipos ó en procesos y días trabajados, sin accidentes.
- 2).- Elaboración de formas impresas para reportes acerca de las infracciones a las disposiciones de tránsito del Centro Nuclear (Proyecto).
- 3).- Control del registro de accidentes personales (forma impresa).
- 4).- Elaboración de gráficas ilustrativas relativas a estadísticas obtenidas.

VI

- 1).- Adiestramiento del personal de vigilancia sobre funciones y organización de vigilancia.
- 2).- Control de entrada y salida de: vehículos, personal y material.

- 3).- Registro y estadística de visitantes.
- 4).- Control de acceso a departamentos y áreas de trabajo.
- 5).- Adiestramiento del personal en técnicas de primeros auxilios. (Proyecto).

En base a los datos obtenidos de las estadísticas de accidentes ocurridos en el Centro Nuclear, se procede a elaborar las siguientes consideraciones necesarias para su observancia rigurosa, con el fin de abatir los índices de frecuencia y de gravedad actuales y proporcionar algunas formas de eliminar riesgos en el trabajo.

Estas son las que constituyen el presente capítulo, sugiriéndolas de acuerdo con el criterio que se siguió al efectuar las inspecciones rutinarias de seguridad en las áreas de trabajo.

E D I F I C I O S

La superficie de los talleres será de tal capacidad que alberguen toda la maquinaria necesaria, dejando áreas para pasillos lo suficientemente amplias para la libre circulación. Estas recomendaciones se aplican igualmente a los laboratorios. El orden y la limpieza de todas las áreas de trabajo es un renglón muy importante que no debe pasarse por alto.

El material de construcción de los locales será material no inflamable y de acuerdo con sus necesidades específicas: - si se tienen ruidos se usará material que los atenúe a nivel recomendable, especialmente en las calderas, talleres y subestación, procurándose el mantenimiento continuo del equipo para evitar ruidos por piezas desajustadas, etc.; si en los locales el trabajo se realiza utilizando material radiactivo, -

los materiales de construcción servirán como blindaje (concreto, acero estructural, etc.) según sea la actividad del material radiactivo que se tenga, con el objeto de que las radiaciones que se produzcan durante la labor no interfieran el trabajo de otros laboratorios y al personal ocupacionalmente no expuesto. Los pisos de los laboratorios estarán recubiertos con plástico, linóleo, etc., para que la operación de descontaminación (cuando lo amerite) se realice fácilmente; las paredes y techos se recubrirán con pintura lavable con el mismo fin. En general, para todas las áreas de trabajo, los pisos se mantendrán en buen estado, de tal modo que no ofrezcan peligro, ya sea por tropiezos, resbalones, etc.

Las condiciones de confort (humedad, temperatura, ventilación, iluminación) estarán de acuerdo con la clase de trabajo y equipo con el que se labore (en los laboratorios de electrónica habrá lámparas especiales, se colocarán extractores en los lugares donde haya desprendimiento de polvos, humos, vapores, polvos radiactivos, calefacción en las zonas donde el equipo deba mantenerse a equis temperatura, etc.).

Los locales deben contar con salidas de emergencia, además de las de acceso, todas éstas estarán despejadas y perfectamente bien localizadas con letreros alusivos. Las escaleras no deben estar obstruidas con materiales, para evitar accidentes. Todos los edificios estarán provistos de pararrayos.

MAQUINARIA Y EQUIPO DE TRABAJO

Estará localizado e instalado correctamente, permitiendo la libre circulación entre ellas (ya sea tránsito de personas, equipo móvil, materiales, equipo de transporte); se les dará mantenimiento preventivo y correctivo, evitándose con estas medidas los accidentes debidos a rotura de las piezas de la maquinaria, ruidos indeseables, etc. Todo el equipo con partes móviles, tales como bandas, poleas, engranes, etc. que estén descubiertos, deberán contar con sus guardas, las cuales no se retirarán de éstas por ningún motivo, las reparaciones se efectuarán con la maquinaria en reposo, ostentando su tarjeta de bloqueo. Sus conexiones eléctricas se mantendrán en buen estado, contando con líneas a tierra y dispositivos de seguridad. En el caso de grúas viajeras, debe vigilarse el estado de los cables. Aquel equipo que ofrezca peligro por desprendimiento de partículas, debe contar con protecciones, ya sean cerradas, de disco o de pantalla, según las necesidades presentes.

Los operarios deben mantener su herramienta en condiciones de trabajo y usarla de acuerdo con la operación que realicen, contando con lugares adecuados para su almacenamiento, cajas para portarlas, cinturones para cuando la actividad lo amerite, etc.

I N S T A L A C I O N E S E L E C T R I C A S

Las instalaciones eléctricas del Centro, son entubadas, subterráneas, visibles; hay líneas de alto voltaje del orden de 30 kilovolts, perfectamente identificadas con letreros - para evitar accidentes; deben estar protegidas con fusibles adecuados, con líneas a tierra de emergencia, además de las normales. Las instalaciones subterráneas deben estar siempre tapadas; para realizar trabajos en las líneas debe asegurarse el que lo hará de que éstas no tienen corriente. El personal no se acercará a distancias menores de las prescritas, - según el voltaje de los circuitos:

V O L T A J E	D I S T A N C I A E N C M.
750 a 2,500 voltios 30
2,500 a 10,000 " 60
10,000 a 27,000 " 90
27,000 a 47,000 "120
47,000 a 70,000 " 180
70,000 a 110,000 " 220
110,000 a 250,000 " 300

M A T E R I A L E S

Deben estar almacenados y estibados, de modo que no constituyan un riesgo por inestabilidad, posible caída y no sobre

saldrán hacia lugares de tránsito, porque causaría accidentes, no se estibarán a una altura mayor de 1.80 mts.

El almacenaje de material combustible se hará en un lugar alejado de fuentes de calor (en la nave de talleres generales se observa que la zona I almacén pesado y el área contigua se almacenan materiales combustibles, y esta área se encuentra entre dos que manipulan materiales a temperaturas elevadas, como son fundición y soldadura, lo que debe solucionarse colocando este material en otro lugar, lejos de fuentes de calor; ver la distribución en el dibujo No. 8 en el apéndice).

Durante el desarrollo de las labores, se manipulan materiales calientes (temperatura elevada), ásperos, cortantes, pesados, resbalosos, corrosivos, radiactivos; para su transporte, se usan vehículos de mano, grúas viajeras, montacargas, o bien, en caso de que el transporte sea manual, se hará con las protecciones adecuadas (guantes, charolas, pinzas) de tipo protección personal, y recipientes adecuados, sobre todo en el caso de material radiactivo, que debe ir colocado en un contenedor para evitar una exposición innecesaria.

El almacén de materiales contará con anaqueles, gabinetes, cajones, etc., en donde se acomodará el material en forma ordenada, procurando mantener despejados los pasillos.

En el caso de material radiactivo, éste se depositará -

en sus contenedores, ostentando letreros como los que se indican en el apéndice en las figuras No. 1 y 2. Al efectuar trabajos con esta clase de material, los locales en donde éste tenga lugar, habrán de colocarse en lugares visibles letreros que indiquen: " Peligro, radiaciones ", " En este laboratorio se maneja material radiactivo ", etc. Para el traslado de estos materiales, los contenedores no serán menores de 10 cms. en su medida exterior más pequeña, para evitar que alguna persona lo coloque en el bolsillo. El contenedor debe ser el adecuado para evitar derrames, serán resistentes al choque y al fuego. La superficie del recipiente no debe contener contaminación superior a 0.1 mrad/hr. de radiación β y γ y menor de 500 desintegraciones por minuto de radiación α medida en 100 cm² de superficie. La dosis a un metro, no excederá de 100 mR/hr.

LOCALES Y SERVICIOS

Se encuentran distribuidos en las zonas de trabajo sanitarios, guardarropas, lavabos, etc.; con respecto a ellos, se recomienda aumentar la cantidad de estos servicios, puesto que el personal ha incrementado su número y resultan insuficientes. Debe insistirse en la limpieza de estos locales, -- por motivos higiénicos.

Los laboratorios clasificados como calientes, contarán con un sistema de drenaje independiente, para desechos ra---

diactivos, perfectamente identificado con el símbolo internacional de radiación y las tuberías pintadas de color magenta que es el usado para indicar peligros debido a riesgos por radiación. Como regla general, en este sistema de drenaje no se deben verter líquidos que contengan radioisótopos de vida media mayor de 30 días, ni tampoco radioisótopos líquidos de vida media menor de 30 días en concentraciones superiores a 100 veces la concentración máxima permisible.

Es una medida muy eficaz el tener identificadas las tuberías por medio de un código de colores, de acuerdo con el material que conduzcan, siendo muy usado el color rojo para identificar el equipo de combate de incendios, el color aluminio para el vapor, para el agua el color azul, procurando ajustar a patrones estándares y a necesidades propias:

MATERIAL QUE CONTIENEN LAS TUBERIAS	COLOR A USAR
I Equipo de protección contra el fuego	Rojo
II. Materiales peligrosos	Amarillo o Naranja
III Materiales no peligrosos	Verde (o colores - armónicos: blanco, gris negro, aluminio).
IV Materiales de protección	Azul claro.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

I.- PROTECCION PERSONAL DEL CUERPO

La ropa que use el personal durante el desempeño de sus

labores (batas, overoles, pantalones y camisas, etc.) se man tendrá en buen estado, limpia, evitándose el uso de ropa amplia, descosida, corbatas, etc. en los lugares donde hay maquinaria en movimiento. Si se trabaja con escurrimiento de agua, se usará ropa impermeable; si el trabajo es con ácidos se utilizarán mandiles y mangas protectoras a prueba de ácidos; si la labor es con material o en ambientes de elevada temperatura, es recomendable el uso de mandiles de asbesto, perfectamente bien sujetos al cuerpo por medio de correas.

Este tipo de protección se indica para los trabajos con material radiactivo, de preferencia se usarán batas desechables en las áreas donde haya riesgo de contaminación (laboratorios calientes). La ropa de calle estará localizada en otro lugar (vestidor).

II.- PROTECCION DE LAS MANOS

Si en la labor está latente el riesgo de cortadas debido al manejo de materiales cortantes o filosos, se dotará al personal de guantes de cuero reforzado (los soldadores usarán de este tipo sólo que más largos, a la altura del codo, procurando que no contengan grasa). En los trabajos en donde el material se encuentre a temperatura elevada, se utilizarán guantes de asbesto. Si se manejan materiales corrosivos, se emplearán guantes de hule. Los que trabajen con voltajes considerables (electricistas y personal de laboratorio donde haya alto voltaje) usarán guantes de hule especiales, debiendo someterse a pruebas periódicas para cerciorarse de sus buenas cualidades aislantes. Los usuarios de material radiac

tivo, trabajarán con guantes de hule tipo cirujano, o desechables, para evitar contaminación radiactiva.

III PROTECCION DE LOS PIES

Si por razones de trabajo se manipulan materiales pesados, el personal contará con calzado de seguridad tipo bota con puntera metálica. Los que trabajen con voltajes elevados usarán zapatos dieléctricos para altos voltajes. Los trabajos con sustancias corrosivas o en ambientes húmedos, implican el uso de botas de hule altas. En los laboratorios calientes, es obligatorio el uso de cubrezapatos.

IV PROTECCION DE LOS OJOS

Cuando se ejecuten trabajos donde haya desprendimiento de partículas, el personal portará lentes de seguridad; si se requiere mayor campo visual, utilizarán caretas universales. Los soldadores utilizarán caretas para soldar o en su defecto, lentes para soldador. Si el trabajador necesita usar anteojos para corrección de la vista, se le proporcionarán gafas tipo goggles, según sea la actividad que desarrolle (en talleres o laboratorios), puesto que para estos últimos hay otro tipo de goggle.

V PROTECCION DEL APARATO RESPIRATORIO.

Además de que los locales deben tener una ventilación adecuada, se usarán mascarillas de filtro intercambiable, --

según la clase de contaminantes presentes (polvos, gases ácidos, polvo radiactivo). El equipo de protección personal es de carácter individual por razones de higiene.

Debe muestrearse periódicamente las áreas donde haya atmósfera que contenga bióxido de carbono, amoníaco, flúor, etc., con el objeto de que no se exceda la concentración adisible para trabajar sin peligro.

VI PROTECCION DE LA CABEZA

Se recomienda el uso de cascos cuando pueda caer algún objeto pesado sobre la cabeza del trabajador, pues su protección es efectiva. Los cascos serán diferentes según la actividad a desempeñar. El personal que labora en los laboratorios calientes utilizará gorros desechables durante su trabajo.

PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Los combustibles y líquidos inflamables estarán localizados lejos de fuentes de calor, en recipientes adecuados y éstos pintados de un color que indique peligro (rojo). Los gases (cilindros de metano, butano, etc), como el diesel, se instalarán en el exterior, porque es un riesgo el tenerlos en las salas de calderas.

Las diferentes fuentes de calor (hornos, mecheros, etc.) contarán con aislamientos en magníficas condiciones, localizados adecuadamente.

El equipo contra incendio, debe localizarse estratégicamente, con acceso fácil, y funcionamiento correcto. Estará - adecuado al tipo de material combustible que se trabaje (ver en el apéndice el dibujo No. 9 para la clasificación de material combustible y extinguidores adecuados para combate de - incendios). Las instalaciones de este tipo, se revisarán periódicamente (hidrantes, extinguidores, tomas siamesas), pa-
ra mantenerlos en condiciones de trabajo en caso de una emergencia.

Instrucciones acerca del manejo de esta clase de equipo usando técnicas audiovisuales, y el realizar prácticas relativas, es una medida necesaria para poder resolver una emergencia de este tipo satisfactoriamente.

En las áreas de trabajo se colocarán carteles, letreros, etc. que respetarán los trabajadores, puesto que así educaremos la mente del trabajador de nuestro medio hacia la seguridad.

No se permitirá el uso del aire comprimido para la limpieza de la ropa, ni mucho menos juego en el trabajo.

El personal de los laboratorios calientes, deberá che--car si se contaminó durante su labor, usando los monitores - de pies y manos y el de ropa, para proceder a su descontaminación, si es que la hay.

Todo trabajo de mantenimiento que pueda presentar algún riesgo (incendio, explosión, contaminación por intoxicación-

al entrar a áreas contaminadas o confinadas, contaminación radiactiva), antes de la ejecución de tales trabajos, por parte del personal de dicho departamento, se debe hacer del conocimiento del Departamento de Seguridad, para que éste dé su autorización para ejecutar dichas maniobras, una vez que se hayan investigado los mismos, en relación a sus aspectos de protección del personal y seguridad de las propias instalaciones.

Al planear la ejecución de un proyecto, se recomienda que colaboren el personal que lo llevará a cabo, con el de Seguridad Industrial y con el de Seguridad Radiológica, para así detectar los riesgos antes de que se presenten, resultando entonces una labor segura desde los puntos de vista de Seguridad e Higiene Industrial y Seguridad Radiológica.

Respecto a los problemas de tránsito dentro del Centro, se recomienda instalar topes a la entrada y salida de las áreas de trabajo, barrera de control en la entrada principal, y amonestaciones a toda persona que viole las disposiciones existentes para el tránsito en las instalaciones del Centro Nuclear.

Al elaborar un trabajo sobre la Seguridad Industrial del Centro Nuclear de México, no puede pasar desapercibido el aspecto muy importante de la Seguridad Radiológica, ya que los trabajos efectuados en las instalaciones con las que se cuenta, implican trabajar con material radiactivo, que produce radiaciones de diferente tipo.

Por ser un tema muy amplio y que cae fuera del objeto de este trabajo, se tratará brevemente algunos aspectos relativos a Seguridad Radiológica, así como los métodos de control que se llevan a cabo para la protección del personal.

"PRINCIPIOS GENERALES SOBRE SEGURIDAD RADIOLOGICA".

Los diferentes tipos de radiación, natural ó artificial, tienen ciertas características de poder de ionización, penetrabilidad, energía, etc., por lo que es necesario tomar medidas de protección adecuadas para las personas que tienen que trabajar con material ó equipo productor de radiaciones, de modo que no sufran ningún daño en su organismo, ni en sus descendientes.

Las unidades y conceptos más comúnmente usados por los técnicos y usuarios de material radiactivo, son:

El término "radiactividad", se usa generalmente para describir la emisión del exceso de energía contenida en el núcleo de un átomo inestable o excitado.

El proceso de emisión de energía, recibe el nombre de " desintegración del núcleo atómico " y el número de desintegraciones en la unidad de tiempo, se llama actividad. El exceso de energía puede ser emitido en forma de partículas o en forma de ondas electromagnéticas; estas radiaciones (α , β , γ), se les llama radiaciones ionizantes, debido al hecho de que pueden ionizar el medio por el cual pasan. Las fuentes de radiación ionizante son: materiales radiactivos (naturales y artificiales) y máquinas que producen radiaciones ionizantes (aparato de rayos X, aceleradores de partículas, reactores nucleares).

Una de las unidades más usadas (probablemente porque fué la primera que se utilizó), es el ROENTGEN, que se representa por la letra "R" y está definida como la radiación X (descubierta por Roentgen) ó γ , tal que la emisión corpuscular asociada, por cada 0.001293 gramos de aire, produce en éste iones de ambos signos, capaces de acarrear una unidad electrostática de carga. Otra definición del R es: Si bajo la acción de un manantial se forman en un centímetro cúbico de aire, en condiciones normales (P y T) dos mil millones de pares de iones (positivos y negativos) por segundo, es decir, si la carga total de éstos llega a ser igual a una unidad electrostática de carga, se considera que tal radiación del manantial, por analogía a los rayos X ó γ , es igual a un Roentgen. Generalmente, se refiere uno a los R por unidad de tiempo, conociéndose como índice de exposición.

La definición anterior del R, es la que antiguamente es taba en uso; en la actualidad se define:

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ Coulombs/Kilogramo de aire estándar}$$

(P y T normales).

Aunque todas las radiaciones ionizantes son capaces de producir efectos biológicos similares, la dosis absorbida - (medida en rads), que produce un efecto dado, puede variar - apreciablemente de un tipo de radiación a otro.

La diferencia de comportamiento en este aspecto, se expresa por medio de una cantidad llamada "Factor de Calidad" (FC) de la radiación nuclear en particular. (Ver Tabla).

El FC de una radiación dada, puede definirse como la re lacion de la dosis absorbida (rads) de radiación γ (de una - energía especificada) a la dosis absorbida (rads) de la radia cion dada necesaria para producir el mismo efecto biológico.

FC PARA RADIACIONES DE DIFERENTE TIPO

RADIACION	FC
X ó Gama	1
Beta	1
Protón	10
Alfa	10
Neutrones rápidos	10
Neutrones térmicos	5

Para protección se utiliza lo que conocemos como Dosis Equivalente, la cual se define como el producto de la dosis absorbida, el FC, el factor de distribución de dosis y otros factores de modificación necesarios.

La unidad de dosis equivalente es el REM, que se define:

$$\text{Dosis en rems} = \text{FC} \times \text{dosis en rads.}$$

El rem es, por lo tanto, la unidad de dosis biológica.

Otra unidad muy utilizada es el RAD, que se define como la dosis de cualquier radiación de ionización, que produce - la liberación de 100 ergs de energía, por gramo de material absorbente.

$$1 \text{ RAD} = 100 \text{ ergs/gr.}$$

Ya que los dosímetros miden la exposición, cuya unidad es el R, es conveniente establecer la correspondencia entre R y rads, para saber la dosis absorbida, en aire

$$1 \text{ R} = 0.877 \text{ rads.}$$

La unidad de actividad es el CURIE, representado por - "Ci", y definido como la radiactividad de una muestra que da 3.7×10^{10} desintegraciones por segundo.

Resumiendo, se tiene: t: tiempo.

Actividad: Curie

Exposición: Roentgen, índice de exposición: R/t.

Dosis absorbida: Rad, índice de dosis - absorbida: rad/t.

Para efectos biológicos: Rem (dosis equivalente).

La exposición de una persona, se mide en rems por unidad de tiempo. (Índice de dosis equivalente).

El campo de la Seguridad Radiológica puede considerarse como la protección de la humanidad contra los riesgos excesivos, sin interferir con la utilización benéfica de la Energía Nuclear.

El hombre ha estado expuesto a las radiaciones de origen natural, la cual es ineludible, además de que en nuestra época se reciben radiaciones artificiales debidas a: equipos de rayos X, trabajo con radioisótopos, recibir tratamientos de radioterapia, tener televisor de color, por trabajar en plantas nucleares de potencia, además de los dispositivos caseros luminosos tales como carátulas de reloj, interruptores de pared, etc.. Son fuentes de contaminación los yacimientos uraníferos, plantas de beneficio de Uranio, plantas de enriquecimiento de Uranio, armas nucleares, desechos radiactivos de todas las plantas en donde utilizan radioisótopos, etc..

Debido a la gran cantidad de radiaciones que actualmente se reciben, se expondrán someramente algunos efectos de las mismas:

El efecto de las radiaciones varía según la intensidad de éstas, el tiempo en que se está sometido a ellas, edad del que las recibe, órganos y tejidos expuestos y tipo de radiaciones, principalmente.

Los resultados son diferentes si se expone el organismo a una sola dosis ó si es en forma fraccionada; en cuanto a -

la edad, las personas jóvenes resienten más que las de edad adulta, principalmente el feto. Los órganos y tejidos más sensibles, de acuerdo con el Comité Internacional de Protección Radiológica son:

- 1.- Células reproductoras.
 - 2.- Organos hematopoyéticos.
 - 3.- Piel.
 - 4.- Tiroides.
 - 5.- Cristalino.
- "La dosis máxima permisible para estos órganos, es mucho menor que para los restantes".

El valor máximo permisible para la dosis total que puede ser acumulada en las gónadas, los órganos hematopoyéticos y los cristalinos, a cualquier edad superior a los 18 años, está dada por la fórmula siguiente:

$$D = 5 (N - 18)$$

En donde

D: La dosis tisular en rems.

N: Edad en años.

Si todo el cuerpo es irradiado, los órganos críticos son los enlistados anteriormente. Si determinadas partes del cuerpo son irradiadas, los órganos críticos son aquellos que resultan más vulnerables a causa de su radiosensibilidad o a otros factores, tales como: radiosensibilidad elevada, dosis localizada e importancia del tejido u órgano para el buen estado general del organismo.

Efectos de las radiaciones ionizantes en el ser humano:

GENETICOS: El grado de daño hereditario es directamente proporcional a la cantidad total de radiaciones que han absorbido los órganos reproductores. Prácticamente todos los efectos genéticos son perjudiciales, comprendiendo desde disminución de varones en relación con las mujeres, hasta mutaciones.

CONGENITOS: en experimentos con animales, se han observado - microftalmia, hidrocefalia, anomalías urogenitales. En el bombardeo de Hiroshima y Nagasaki se observó que los niños - expuestos in útero, presentaron mongolismo, estrabismo, retraso mental. Si la madre fué irradiada en los primeros días de embarazo, lo más probable que ocurra es la muerte del feto; en épocas posteriores, el hijo puede presentar inducción al cáncer.

SOMATICOS: estas lesiones deben clasificarse según la fuente de radiaciones sea externa ó esté incorporada al organismo - (contaminación interna). La radiación externa puede producir lesiones en la piel o en órganos superficiales (cristalino, testículos). En caso de radiaciones más penetrantes, y por lo tanto de mayor energía, pueden resultar afectados los tejidos más sensibles: hematopoyéticos, y los ovarios.

Respecto a contaminación interna (por ingestión, inhalación ó entrada a través de la piel), debe tomarse en cuenta radioisótopo contaminante, actividad de éste, tipo de radia-

ciones que emite y energía de ellas, vida media física y biológica, órgano crítico afectado, distribución en el organismo.

Estos efectos pueden ser a corto o largo plazo. Si la persona fué irradiada en un período de tiempo corto y a una dosis elevada, tendrá efectos a corto plazo, ya que en términos generales, a medida que la dosis es mayor, es más temprana la aparición de lesiones; la enfermedad por radiación incluye la siguiente sintomatología: náuseas, vómitos, anorexia, pérdida de peso, fiebre y hemorragia intestinal, que por lo general es más grave después de una irradiación en el abdomen. Estos efectos pueden aparecer en minutos, días o semanas.

Los efectos que aparecen después de años o aún generaciones se denominan efectos a largo plazo. Debemos recordar que cuando se usa el término dosis máxima, significa dosis promedio al cuerpo total. Esto es importante, porque se pueden aplicar grandes dosis a áreas locales (como en terapia), mismas que si son aplicadas al cuerpo total resultan fatales.

Los expuestos a radiaciones pueden desarrollar: enfermedades malignas (cáncer, leucemia) esterilidad transitoria o permanente, cataratas, lesiones cutáneas (eritemas, ulceración, necrosis, depilación) necrosis ósea, osteítis, disminución del número y alteración de las células sanguíneas, de presión de la médula ósea, neumonitis.

El lapso que transcurre entre la exposición a las radiaciones o a la contaminación interna, puede ser hasta de 30 -

años o más; o bien, pasar desapercibidos en la persona expuesta a las mismas y observarse en sus descendientes, según las alteraciones genéticas que se hayan producido (efectos a largo plazo).

No obstante esto último, que indicaría una situación - muy alarmista, sabemos que los efectos a largo plazo, tienden a ser similares a los padecimientos normalmente presentes en la población, y, consecuentemente, es difícil establecerlos como resultados de la exposición a la radiación. - La característica de la radiación, es su efecto acumulativo en el organismo afectado.

Los efectos probables más inmediatos por la exposición aguda al cuerpo total, pueden resumirse como sigue:

DOSIS AGUDA	EFECTO PROBABLE
0 - 25 R	No hay lesión aparente.
25 - 50 R	Cambios posibles en la sangre, sin lesiones serias.
50 -100 R	Cambios en las células sanguíneas, lesión parcial, no incapacidad.
100-200 R	Lesión, posible incapacidad.
200-400 R	Lesión e incapacidad, posible muerte.
460 R	Fatal en un 50%
600 R ó más	Fatal.

Por todo lo anteriormente expuesto, se deduce que en la actualidad no conocemos con exactitud lo que la radiación va a producir en un sistema vivo, pero sí sabemos que el uso - inadecuado de la radiación produce daño que puede ser fatal

Y por ello, debemos esmerarnos para que su empleo se haga con la prudencia necesaria, para asegurar que las dosis - se mantengan tan inferiores a la guía, como prácticamente sea posible. (Ver Tabla 1).

TABLA 1. GUIAS DE PROTECCION CONTRA LA RADIACION.		
CONSEJO FEDERAL DE RADIACION		
Tipo de Exposición	Condición	Dosis*Equivalentes (rem) 5 (N-18)
Trabajador con radiación (a) cuerpo total, cabeza y tronco, órganos activos formados de sangre, gónadas.	Dosis acumulada 13 semanas	3
(b) Piel del cuerpo total, tiroides y hueso.	Año 13 semanas	30 8
(c) Manos y antebrazos, pies y tobillos.	Año 13 semanas	75 20
(d) Otros órganos, incluyendo el cristalino del ojo.	Año 13 semanas	15 4
Población:		
(a) Individual	Año	0.5 (cuerpo total)
(b) Promedio	30 años	5 (gónadas)
* Existen variaciones mínimas respecto a otras recomendaciones, pero no se consideran significativas a la luz del conocimiento actual.		
NOTA: La dosis al hueso se basa en una carga corporal de 0.1 μ Ci de Ra-226.		

Las medidas de protección con las cuales se mantienen - tan bajo, como sea posible las dosis permisibles, internas y externas, del personal que trabaja con material radiactivo, en áreas calientes, etc., se citan a continuación.

Los métodos fundamentales que se siguen en el Centro Nuclear de México son:

- a).- Reducción del tiempo de exposición, en el área de irradiación.
- b).- Uso de blindajes. (El blindaje es la interposición de un material adecuado entre la fuente de radiación y la posición donde se desea tener nivel permisible; los materiales absorbentes utilizados y los espesores necesarios para atenuar las radiaciones a niveles permisibles, dependen del tipo de radiación, de su energía, del flujo y de las dimensiones de la fuente).
- c).- Distancia: La intensidad de la radiación de una fuente decrece con la distancia a ésta (Para una fuente puntual, el decremento es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia; para monitoreo, las condiciones de la fuente puntual se logran cuando la medición de la dosis se hace a una distancia que sea 10 veces mayor que el tamaño de la fuente). La ecuación que matemáticamente nos expresa esta situación es:

$$I_1 (d_1)^2 = I_2 (d_2)^2$$

En donde:

I_1 : Índice de exposición conocido.

d_1 : Distancia a la que se tiene el índice de exposición conocido (I_1).

I_2 : Exposición a la distancia diferente d_2 .

d_2 : Distancia a la que queremos conocer el índice de exposición I_2 .

d).- Confinamiento o restricción de las fuentes ó de las áreas de trabajo. Por ejemplo, en un laboratorio en donde se trabaje con material radiactivo, una forma de protección es trabajar en una zona exclusiva, digamos, en una tercera parte del local. Para un mejor control, las zonas de trabajo se dividen en: restringidas (nivel de contaminación del aire y de radiación mayores que las permisibles; - interior de celdas calientes, área del blanco del acelerador, etc.), controladas (todas las áreas - donde manejan material radiactivo, y los niveles de radiación y contaminación no exceden los máximos permisibles) y zona no controlada (aquella en que la única radiación que se recibe, es la debida a - la radiación natural, llamada también fondo).

La protección del personal que labora en el Centro Nuclear,

en especial de quienes trabajan en áreas calientes, se efectúa del modo siguiente:

1).- Usando equipo de trabajo adecuado. Este es: guantes, mascarillas, pinzas especiales, ropa especial como batas o mandiles de plástico con sales de plomo, protección de los ojos, cubrezapatos, etc. También las llamadas cajas de guantes, las celdas blindadas y las campanas.

2).- Por medio del uso de equipo personal de dosimetría, siendo el siguiente: dosímetros de película, para detectar rayos X, rayos γ , neutrones, β . Dosímetros de bolsillo, ya sea lectura directa ó lectura indirecta, ambos para rayos X y rayos γ . Alarmas acústicas, las cuales están calibradas para exposiciones de 3, 10 y 100 mR, y suenan al llegar a ese límite.

Los dosímetros de bolsillo y las alarmas son para - el personal que trabaja con material radiactivo; - los dosímetros de película los usa todo el personal que labora en el Centro; cada mes se cambia la película del personal que está expuesto ocupacionalmente, y las placas del personal administrativo, son cambiadas cada tres meses.

3).- Detectores portátiles.

4).- Entre el equipo estacionario de dosimetría, se cuenta con: monitores de partículas y un monitor de ga-

ses radiactivos para el pleno.

- 5).- Para el análisis de orina (mensualmente), para el personal que trabaja con polvos de Uranio.

Las actividades que desarrolla el Departamento de Seguridad en lo que concierne a Protección Radiológica, se exponen brevemente a continuación:

- a).- Medición de niveles de radiación y contaminación:

Para los niveles de radiación, se realiza el monitoreo directo, es decir, con un monitor portátil se lee directamente el índice de exposición de la fuente en cuestión.

Para los niveles de contaminación, se efectúa el monitoreo indirecto, el cual puede hacerse por medio de frotis, o bien, haciendo un muestreo de aire. Este último se hace en Refinación y Conversión, Química Nuclear y Producción de Radioisótopos.

b).- Medidas de prevención: Consiste básicamente en la vigilancia del cumplimiento de las Normas Preventivas de Seguridad. Por ejemplo, al trabajar con material radiactivo, se debe conocer la actividad de la sustancia, lugar en donde se trabajará, tiempo de trabajo, número de personas que pueden trabajar, las dosis recibidas (efectuar un cálculo de ellas) durante la operación para cada una de las personas y para cada punto de trabajo, además debe verificarse que todas las personas tengan los dosímetros apropiados y que éstos se en

cuentren en buenas condiciones de trabajo. En cuanto al lugar de trabajo, se debe observar si cuentan con extracción, si hay agua suficiente, si la electricidad tiene el voltaje adecuado, etc., y ver si se tienen todos los útiles de trabajo, y que se encuentren en condiciones adecuadas, principalmente guantes, cubrezapatos, mascarilla, etc.

Diariamente el personal del Reactor checa sus dosímetros de bolsillo de lectura indirecta, para saber qué dosis han recibido.

c).- Medidas de emergencia en caso de accidente: Se indica el comportamiento que debe seguir el personal, en caso de un accidente.

d).- Estimación de las dosis recibidas por el personal, durante el trabajo: Se hace una estimación aproximada del tiempo y la exposición de la(s) persona(s) que estuvo (estuvieron) trabajando y se obtiene la dosis absorbida. Si se llega a sobrepasar del límite de dosis absorbida por día, se reporta a Actinometría para tener una estimación más exacta, y se envía(n) al Servicio Médico, para hacerle primeramente una biometría hemática.

Independientemente, las personas que tienen dosímetros de lectura directa, anotan las dosis que reciben, los que cuentan con dosímetro de lectura indirecta, también realizan lo mismo; y la estimación de las dosis indicadas por las placas fotográficas, las hace el Departamento de Actinometría, por ser una labor bastante compleja.

PROBLEMAS PLANTEADOS POR LOS DESECHOS RADIATIVOS.

Naturaleza de los desechos:

El descubrimiento y la utilización de la fisión nuclear, han originado la producción de grandes cantidades de sustancias radiactivas. Estas sustancias son generalmente un producto residual del proceso de fisión y constituyen un desecho desde el momento mismo de su formación. Otros materiales radiactivos que tienen aplicaciones prácticas, se convierten en desechos una vez utilizados, con el fin para que se han elaborado.

La industria de la energía atómica produce desechos de actividad elevada, media y baja, además de los desechos llamados no activos; entre todas estas clases de desechos, no existe una línea divisoria precisa. Los desechos de actividad elevada se han definido como los que presentan concentraciones de centenares o millares de curies por galón, mientras que los desechos de actividad baja tienen concentraciones del orden de un microcurie por galón. Por lo anterior, es evidente que entre estas dos clases debe haber una gran variedad de desechos de actividad intermedia. Los desechos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos; combustibles o incombustibles; acuosos y no acuosos. Las características de los desechos radiactivos son muy variadas y para su tratamiento se siguen varios métodos: en general los más radiactivos y peligrosos se concentran y acumulan en depósitos; en cambio se suele diluir y dispersar los menos peligrosos.

Aunque los desechos radiactivos se presentan en múltiples formas, se pueden clasificar con arreglo a las operaciones de que proceden:

a) Desechos originados por la extracción y la refinación de minerales:

Los procesos preliminares de refinación y extracción, son una fuente importante de desechos de baja actividad. El laboreo comprende las fases de trituración, lavado y tratamiento químico. Entre los desechos originados por el laboreo, tenemos las aguas de lavado, los residuos sólidos y los líquidos de tratamiento. Una vez recuperado el Uranio por vía química, los líquidos residuales contienen productos descendientes de ese elemento. Los procesos de refinación originan también desechos no activos que, por lo que respecta a la contaminación del medio ambiente, pueden ser peligrosos.

b) Desechos originados por los reactores instalados en tierra:

Los reactores instalados en tierra producen desechos radiactivos de diferentes clases. En los primeros reactores, el refrigerante primario se hacía pasar por el circuito de refrigeración y se descargaba sin más, en el medio ambiente. Cuando el refrigerante es agua, las impurezas presentes en la red de distribución o producidas por la corrosión, adquieren actividad inducida al pasar por el reactor y pueden considerarse como desechos radiactivos. En condiciones normales de funcionamiento, esta radiactividad suele ser de período relativamente corto.

En los reactores más modernos, el refrigerante primario está contenido en un circuito cerrado que se comunica mediante los intercambiadores de calor con el refrigerante secundario. Este último sólo contendrá desechos radiactivos si surge algún defecto en los intercambiadores. No obstante, en los circuitos cerrados pueden penetrar residuos radiactivos en forma de productos de fisión por deterioro del revestimiento de los elementos combustibles o por otros defectos mecánicos. En los reactores de circuito cerrado, el refrigerante se purifica por medio de intercambiadores iónicos y filtros en las corrientes laterales, debiendo evacuarse éstos como desechos radiactivos.

Los desechos radiactivos provienen en su mayor parte del combustible irradiado de los reactores. Normalmente, el material radiactivo se envía a las plantas de tratamiento y constituye un residuo de gran actividad; es posible que para determinados tipos de reactores no se considere económico regenerar el combustible irradiado, planteando entonces los elementos combustibles un problema de evacuación de desechos de elevada actividad.

c) Desechos originados en instalaciones de tratamiento de combustible irradiado:

El origen de la gran mayoría de los materiales radiactivos y de los desechos resultantes, es el combustible usado en los reactores; en comparación, la radiactividad de todas las demás procedencias carece de importancia. En las primeras fases del tratamiento químico del combustible irradiado.

que se concentra y representa más del 99.99 % de la radiactividad total de los productos residuales de fisión se tienen, por lo tanto, desechos de elevada actividad.

La actividad de los desechos primarios que actualmente se producen al disolver en las plantas de tratamiento químico el combustible irradiado, es del orden de 1000 Ci por litro. Las soluciones de desechos primarios difieren considerablemente por su composición química, y ésta depende del tratamiento que se les aplique, siendo todas ellas corrosivas. Su comportamiento depende, desde el punto de vista químico, de los reactivos no radiactivos usados en el tratamiento. Estos desechos se guardan en depósitos, pero su existencia debe tenerse siempre presente.

Además de estos residuos de elevada actividad, en ciertas operaciones del tratamiento del combustible irradiado, se producen desechos de actividad baja y media. Estos últimos se acumulan directamente en depósitos o se someten a tratamiento previo para obtener nuevos desechos de baja actividad.

d) Desechos originados por la utilización de radioisótopos:

Los desechos radiactivos originados por la utilización de los radioisótopos en la industria, la agricultura, la investigación científica y la medicina, se presentan también en múltiples formas, pero son casi siempre de actividad baja o media.

Un centro importante de investigación nuclear, suele producir una gran variedad de desechos radiactivos, entre ellos, por término medio, alrededor de 100 m^3 al año de residuos sólidos de actividad baja o media y 1000 m^3 diarios de agua ligeramente contaminada.

La elevada dilución de los desechos o la presencia de cantidades apreciables de sólidos inactivos, ácidos o agentes complejantes, suscita a menudo dificultades en el tratamiento de los desechos. Un hospital donde se empleen pequeñas cantidades de radioisótopos de período corto, no produce, por lo general, desechos de radiactividad suficiente para justificar métodos especiales de evacuación. Lo mismo puede suceder en algunos laboratorios de investigación.

Es por lo tanto, necesario elegir un método de evacuación que permita ejercer un control adecuado de los desechos. Las grandes cantidades de desechos y la gran variedad de sus propiedades, hacen muy improbable que con un método de evacuación único, se pueda hacer frente a todas las necesidades.

Los desechos radiactivos pueden ser tratados por diferentes métodos, a saber:

1. Por precipitación química de los desechos radiactivos de baja actividad.
2. Por el uso de resinas de intercambio iónico, para desechos de actividad media.
3. Almacenamiento temporal, para los desechos de vida media corta.

4. Evaporación, desechos de baja actividad.
5. Evacuación de desechos, sólidos y/o líquidos en el mar, de actividad baja y media.
6. Incineración, desechos de baja actividad.
Calcinación, también para desechos de actividad baja.
Para los desechos de alta actividad, se pueden seguir - los siguientes métodos:
7. Almacenaje en tanques subterráneos de concreto reforzado.
8. Disposición de los desechos en domos salinos.
9. Almacenaje en excavaciones con lecho de pizarra.
10. Infiltración en lechos poco permeables.

En el Centro Nuclear de México, los desechos son tratados por los siguientes métodos:

Incineración.

Evaporación.

Almacenamiento temporal.

Almacenamiento en bodega de los desechos de actividad - media y baja (puesto que son los desechos que se tienen), - alejada de centros de población, situado en Maquixco, Estado de México, aproximadamente a unos 40 kms. de la Ciudad de - México.

Descarga y dilución de los desechos líquidos.

En el apéndice, el Dibujo No. 10, muestra algunos procesos para el tratamiento de los desechos radiactivos sólidos.

C A P I T U L O I V

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Después de haber efectuado las investigaciones de seguridad en las zonas de trabajo para realizar la tesis, se concluye lo siguiente:

- I.- Es muy necesario el abatimiento de los índices de Frecuencia y Gravedad presentes hasta la fecha. (ésto se logrará educando la conducta laboral del trabajador, para que tenga conciencia de Seguridad)
- II.- La observancia del Reglamento de Seguridad, Radiológica e Industrial, y de las sugerencias indicadas en este trabajo, harán posible que se eliminen los riesgos existentes en este Centro Nuclear.
- III.- Si no es posible eliminar el riesgo, se llegará al uso del equipo de protección personal, proporcionando todas las instrucciones relativas al uso correcto de esta clase de equipo.
- IV.- Las actividades de Seguridad son mancomunadamente entre la parte trabajadora y la parte directora.
- V.- Todos los proyectos que en lo futuro se lleven a cabo, serán supervisados por las secciones de Seguridad Industrial y Radiológica, por las razones antes expuestas.
- VI.- Particularizando, se recomienda crear la conciencia de Seguridad en el personal de los talleres mecánicos y de mantenimiento, principalmente; básicamente los mecánicos, soldadores, ayudantes de taller, pl

meros, electricistas; en primer lugar, por medio de instrucciones personales, pláticas generales, prácticas, carteles, etc. de temas de Seguridad.

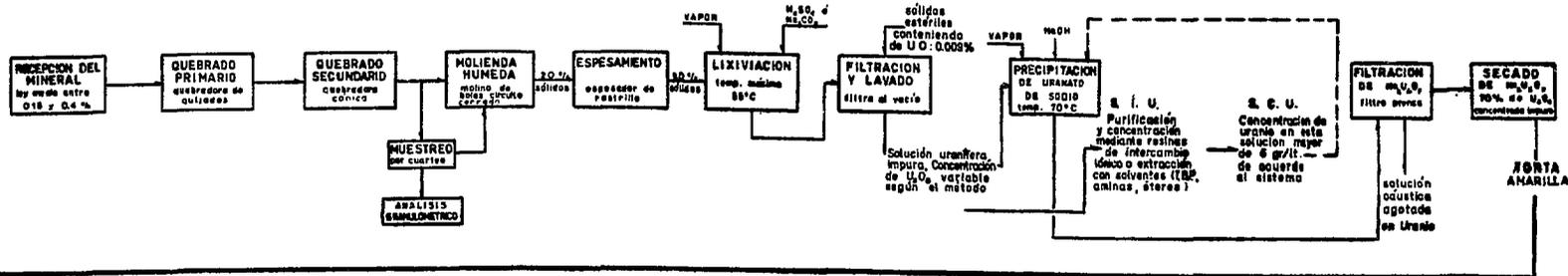
En segundo lugar, mediante una supervisión continua en esas áreas, para vigilar y observar que el personal utilice adecuadamente su equipo de protección y hacerles ver la forma correcta de realizar su trabajo, para evitar que incurran en actos inseguros.

Con lo antes dicho, se desea que este trabajo satisfaga el objetivo de la Seguridad Industrial: "Preservar la vida del hombre" y siendo la conservación de la vida humana el ideal más bello, se comprende que al realizar un trabajo con todas las medidas de seguridad posibles, se está logrando, ó mejor dicho, se está cumpliendo con un propósito digno del ser humano: Conservar su vida y la de sus semejantes.

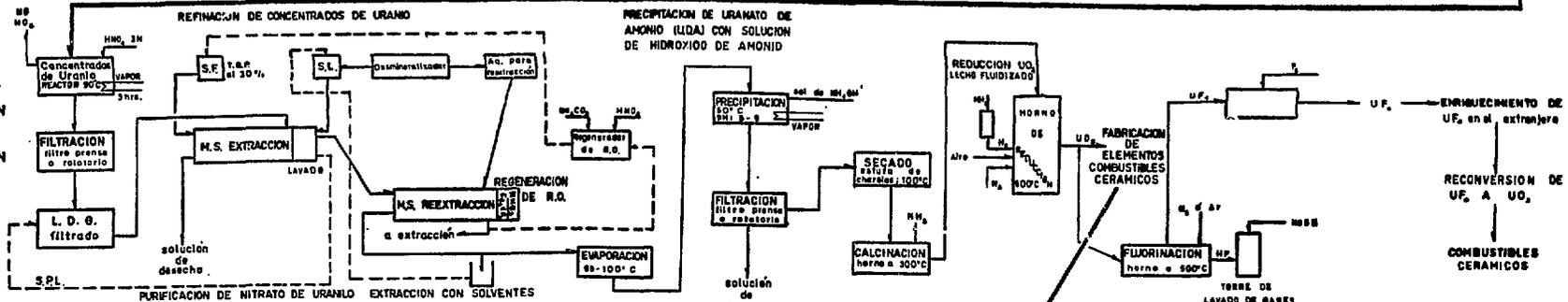
En esta forma, se pondrá un énfasis especial a la Seguridad, al estar desarrollando cualquier actividad.

A P E N D I C E

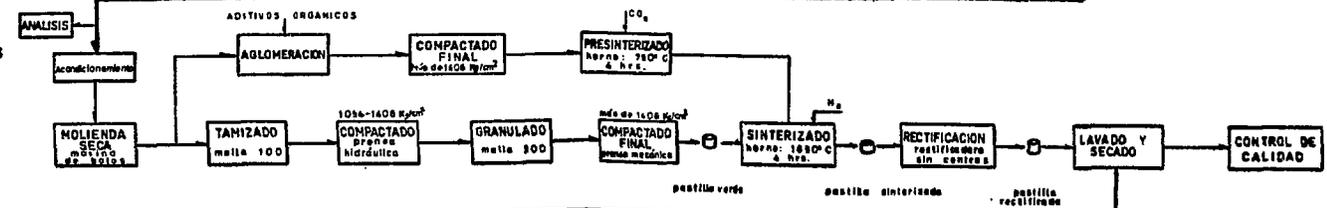
**METALURGIA
EXTRACTIVA**



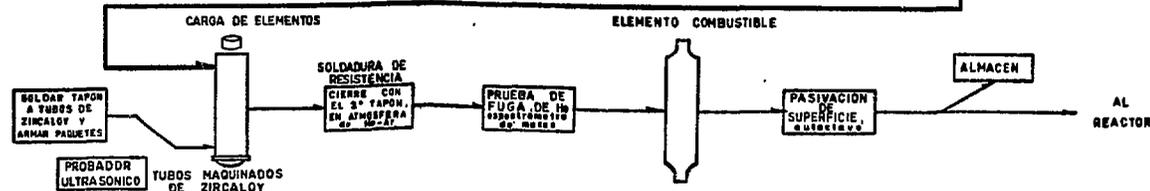
**REFINACION
Y
CONVERSION**



**COMBUSTIBLES
CERAMICOS**

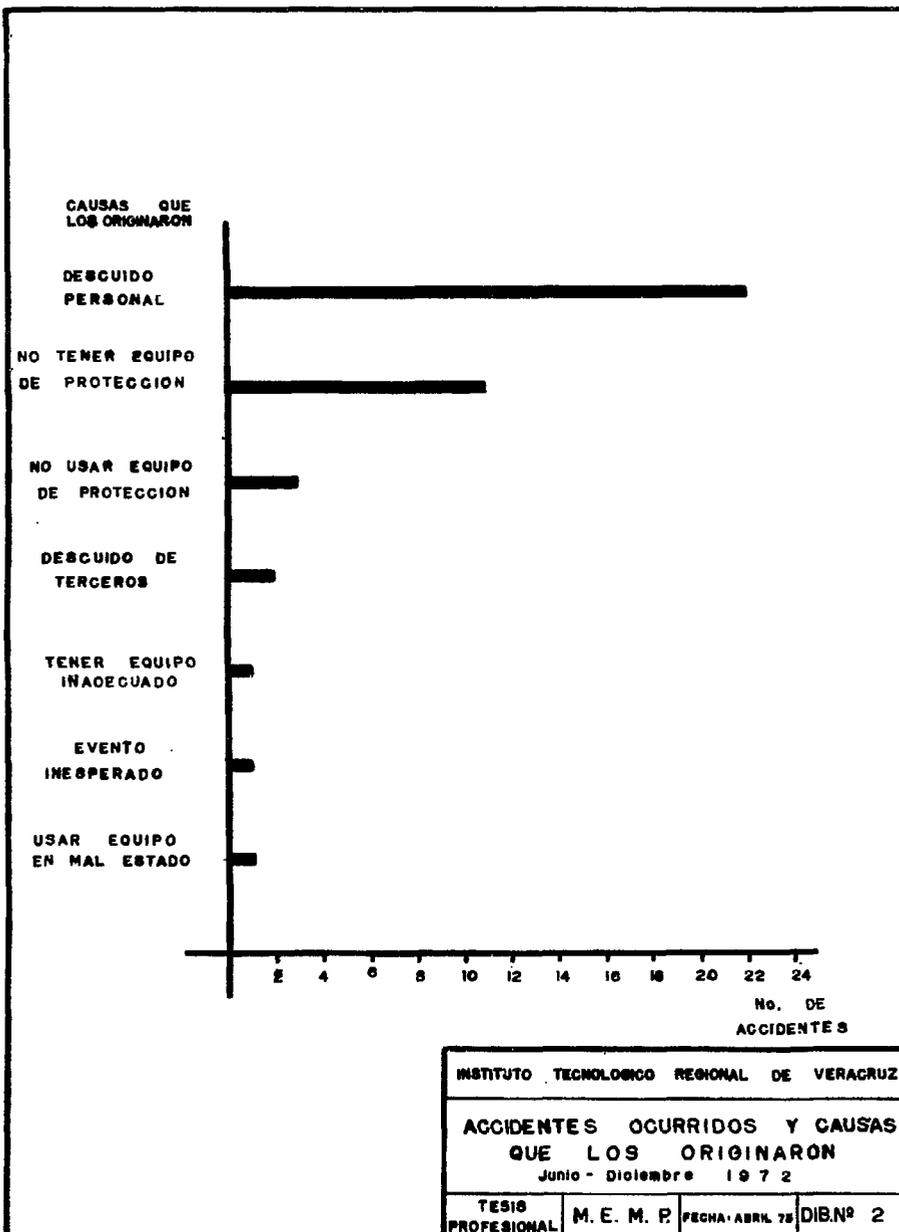


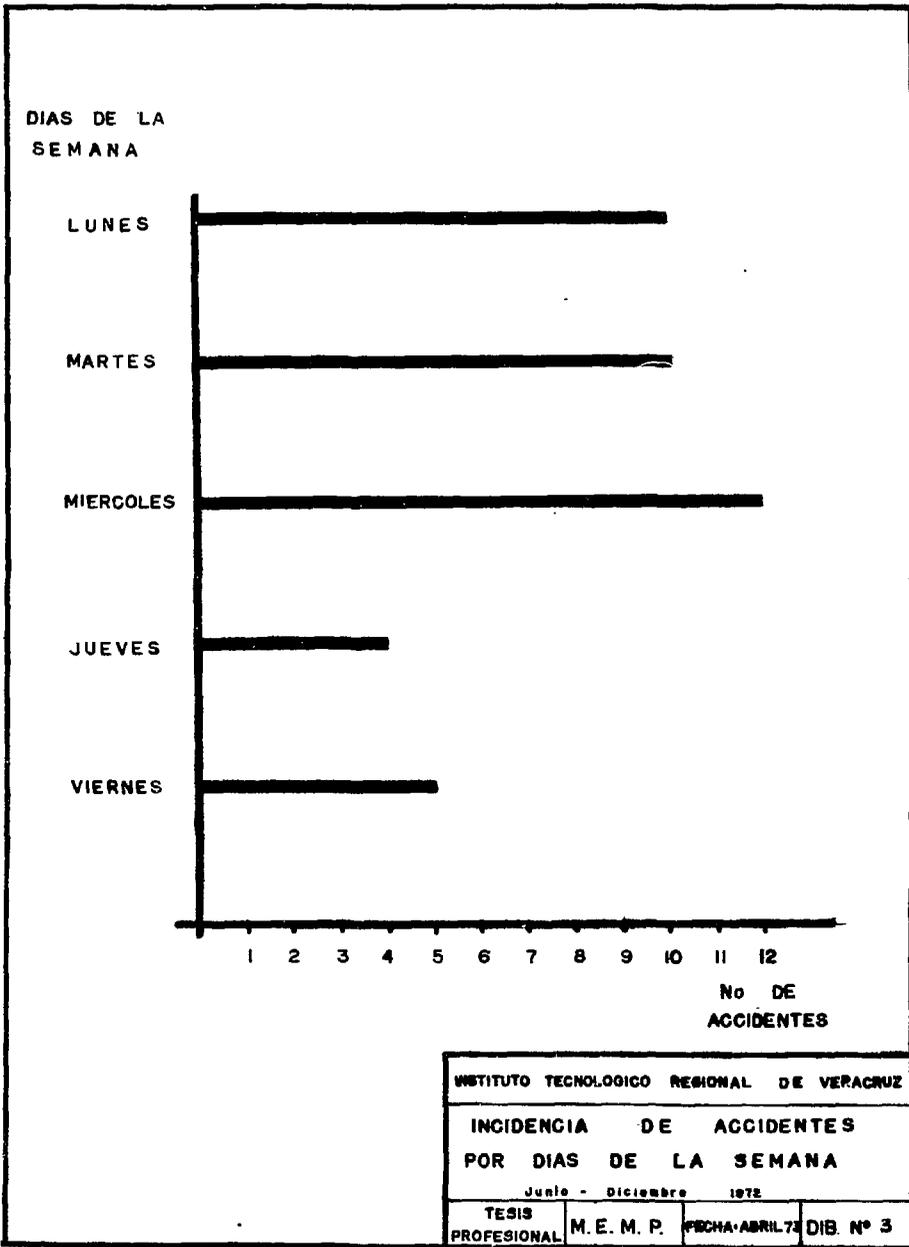
**ELEMENTOS
COMBUSTIBLES**



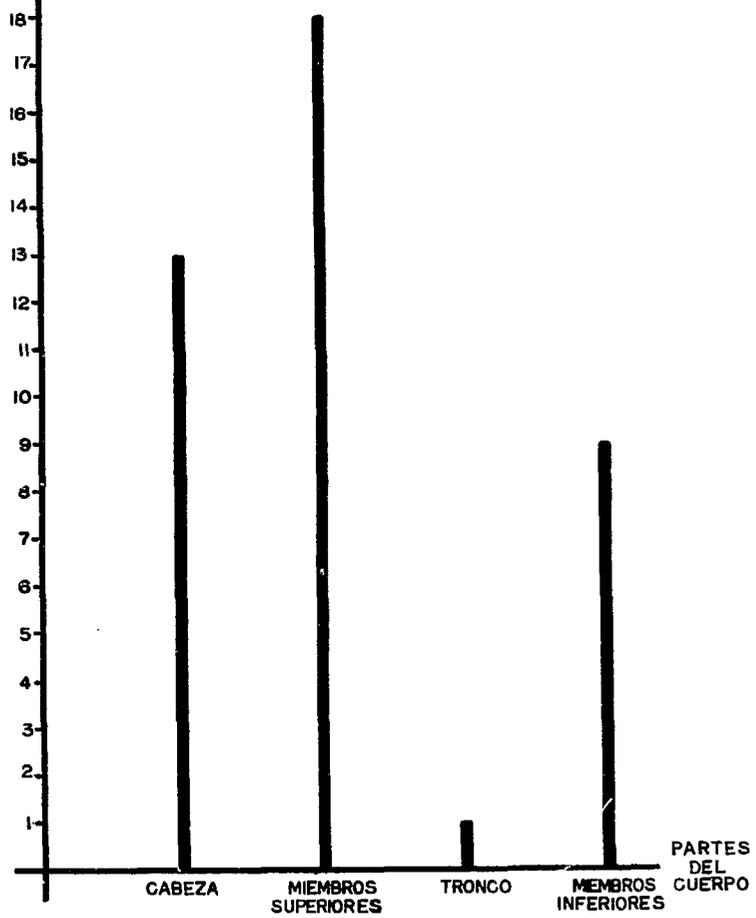
- SIMBOLOGIA**
- SL Solución de lavado
 - MS Mezclador sedimentador
 - SF Solvente fresco
 - Aq Acuosa
 - LDG Líquido de digestión
 - SPL Solución procedente de lavado
 - RO Refinado orgánico
 - Reutilización
 - TBP Fosfato de tributilo
 - SIU Solución impura de U
 - SCU Solución concentrada de U

INSTITUTO TECNOLOGICO REGIONAL DE VERACRUZ
**DIAGRAMA DE FLUJO
 DEL CICLO DE
 COMBUSTIBLES NUCLEARES**
 TESIS PROFESIONAL N.E.M.P. FECHA ABRIL 1979 OIB Nº 1





No. DE ACCIDENTES



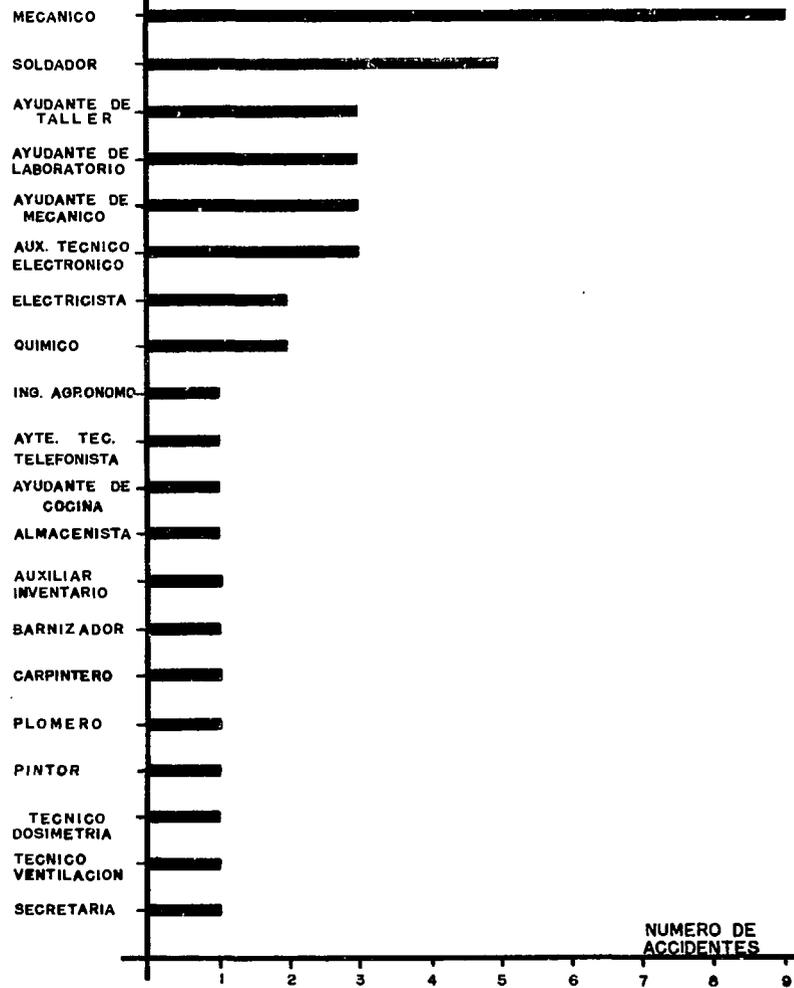
INSTITUTO TECNOLÓGICO REGIONAL DE VERACRUZ

INCIDENCIA DE ACCIDENTES
EN EL CUERPO HUMANO

Junio - Diciembre 1972

TESIS PROFESIONAL M. E. M. P. FECHA ABRIL 79 DIB. NO 4

CATEGORIA DE LOS ACCIDENTADOS

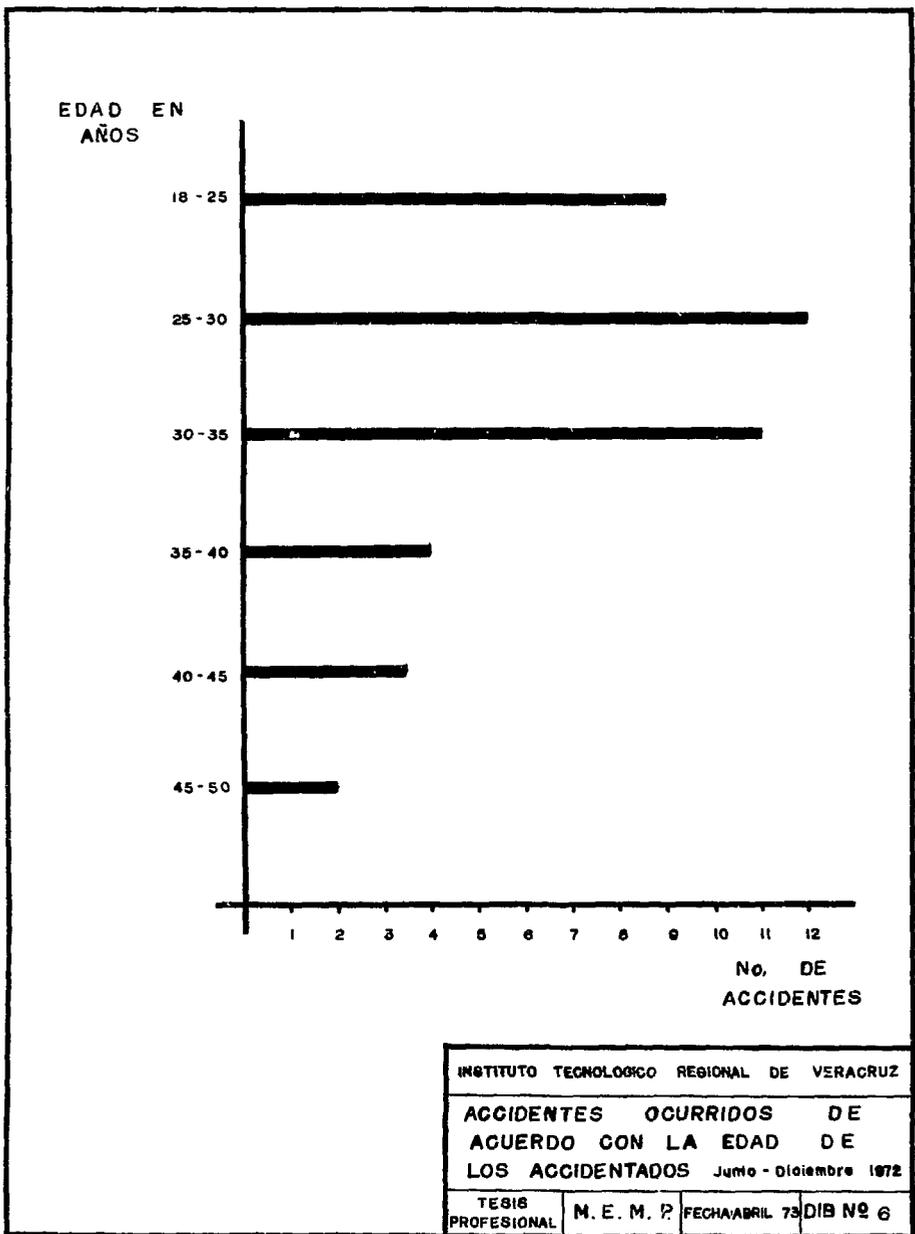


INSTITUTO TECNOLOGICO REGIONAL DE VERACRUZ

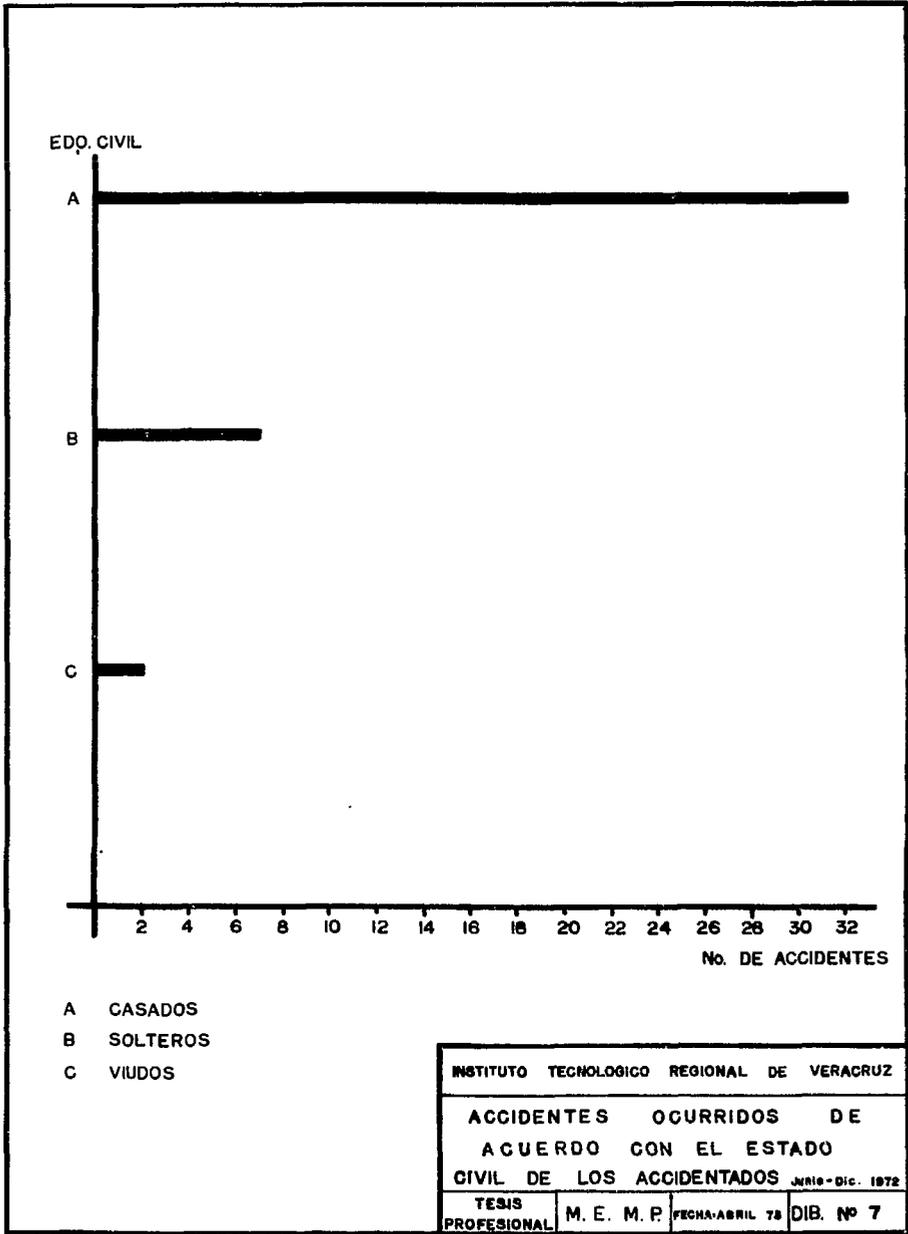
ACCIDENTES OCURRIDOS POR
CATEGORIA DE LOS ACCIDENTADOS

JUNIO - DICIEMBRE 1972

TESIS PROFESIONAL M. E. M. P. FECHA: ABRIL 78 DIB. N° 5



INSTITUTO TECNOLOGICO REGIONAL DE VERACRUZ			
ACCIDENTES OCURRIDOS DE			
ACUERDO CON LA EDAD DE			
LOS ACCIDENTADOS Junio - Diciembre 1972			
TESIS	M. E. M. P.	FECHA	ABRIL 73
PROFESIONAL		DIB	Nº 6



Radiaciones



PELIGRO

COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

MEXICO

SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA

INSTITUTO TECNOLOGICO REGIONAL DE VERACRUZ

CARTELES RECOMENDADOS POR
SEGURIDAD RADIOLOGICA

TESIS
PROFESIONAL

M. E. M. P.

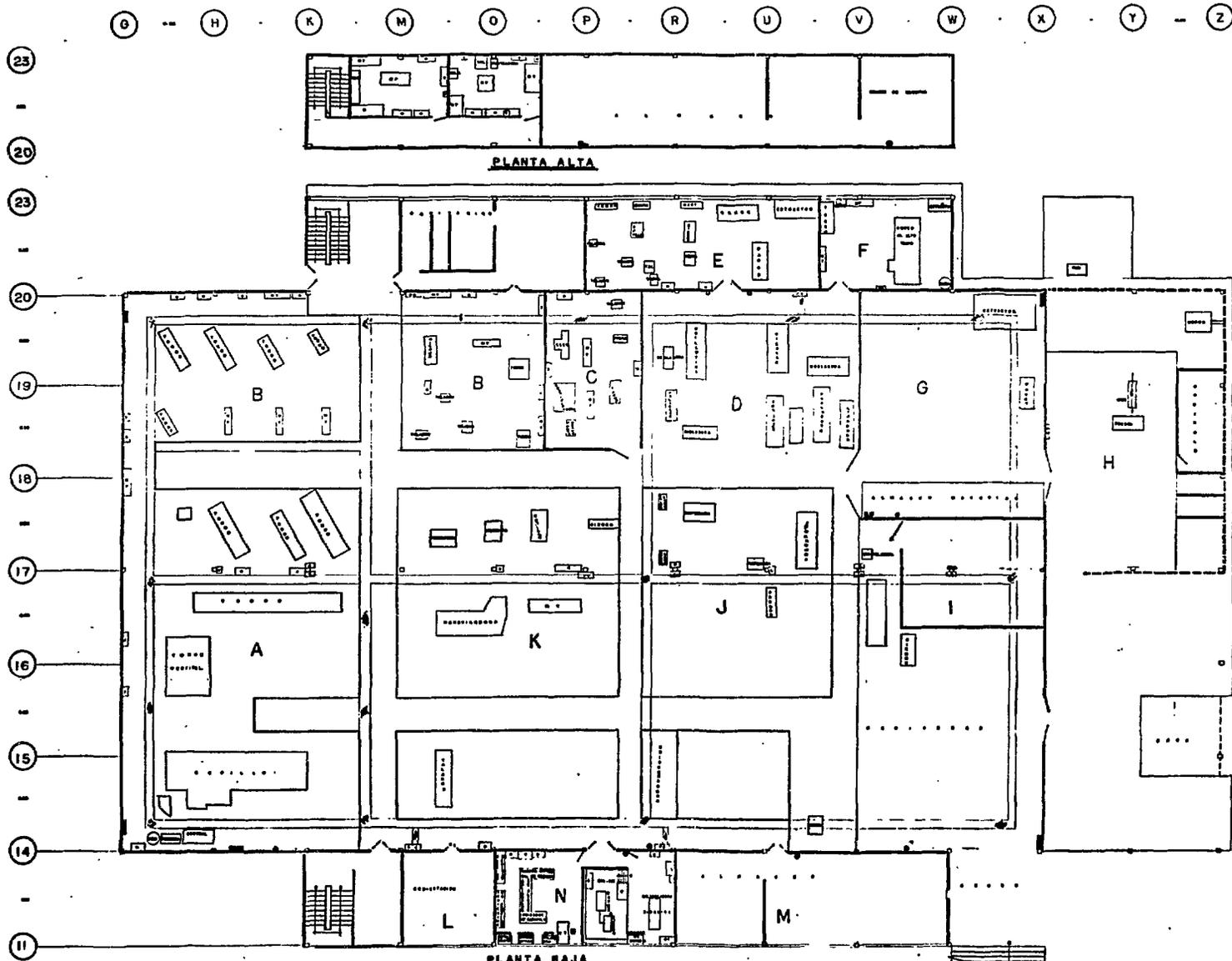
FECHA ABRIL 78

FIG N° 1



INSTITUTO TECNOLOGICO REGIONAL DE VERACRUZ			
CARTELES RECOMENDADOS POR			
SEGURIDAD RADIOLOGICA			
TESIS PROFESIONAL	M E M R	FECHA ABRIL 78	FIG NO 2

Z
 Y
 X
 W
 V
 U
 R
 P
 O
 N
 M
 L
 K
 J
 I
 H
 G
 F
 E
 D
 C
 B
 A



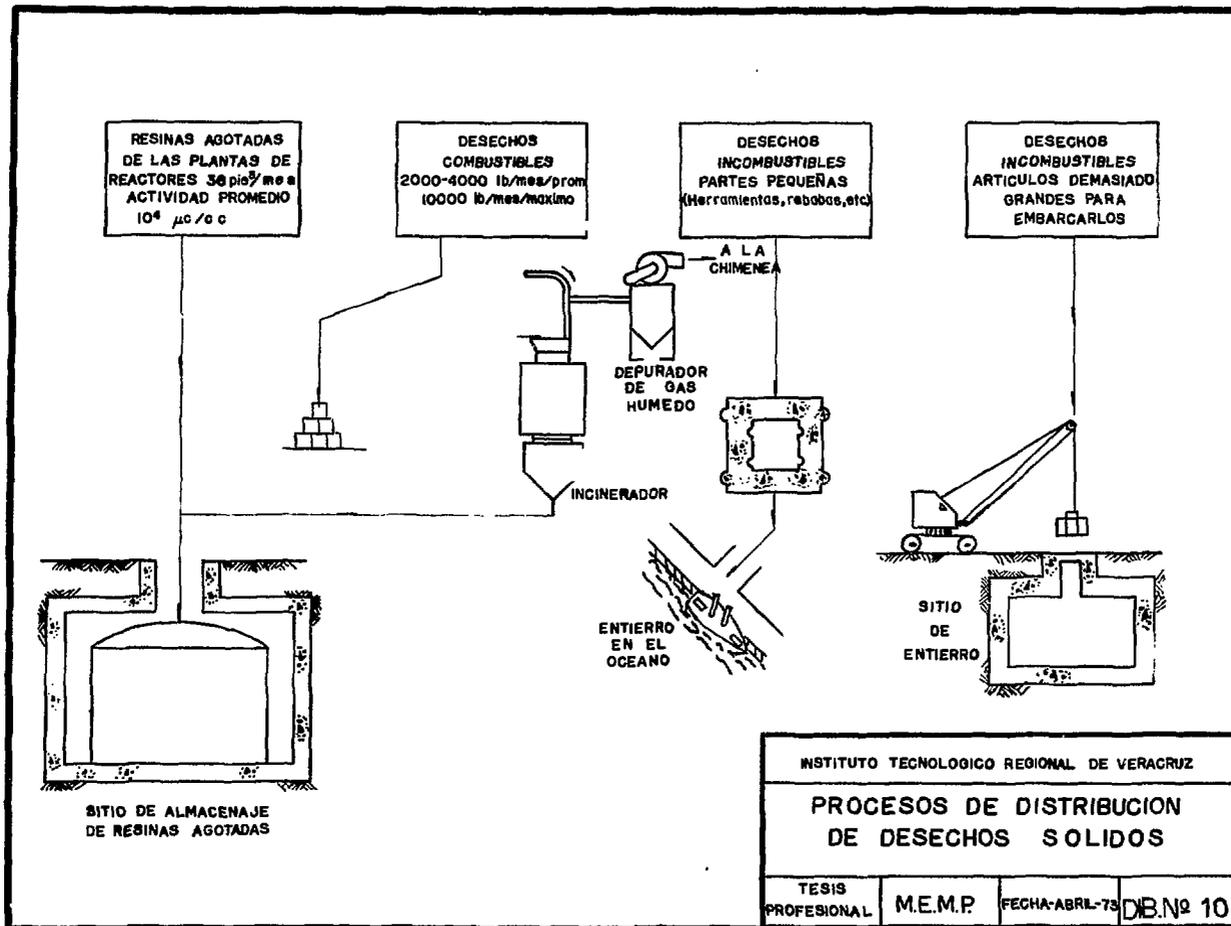
- | | | |
|-------------------|-------------------------|--|
| A MECANICA PESADA | F MATERIALES ESPECIALES | K ELECTROMECANICO PESADO |
| B MECANICA LIBERA | G ACABADOS | L SUBESTACION |
| C PRECISION | H FUNDICION | M ALMACEN DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS |
| D HERRALTERIA | I ALMACEN PESADO | N CONTROL DE CALIDAD |
| E CARPINTERIA | J SOLDADURA | |

INSTITUTO TECNOLÓGICO REGIONAL DE VERACRUZ
 DISTRIBUCION EN PLANTA DE LA
 MAQUINA DE TALLERES GENERALES
 DEL CENTRO NUCLEAR DE MEXICO
 T.C. 1012 100 M. 100 P. 10000 10000 10000

CLASE DE FUEGO	TIPO DE MATERIAL COMBUSTIBLE	EXTINGUIDORES				
		AGUA	SODA-ACIDO	ESPUMA	BIOXIDO DE CARBONO	POLVO QUIMICO
A	MADERA, TELAS, BASURA PASTOS, ALGODON, ESTOPA, SOLIDOS.	○	○	○	△	△
B	LIQUIDOS INFLAMABLES, HIDROCARBUROS EN GENERAL, SOLIDOS DE BAJO PUNTO DE FUSION.	×	×	○	○	○
C	EQUIPO ELECTRICO	×	×	×	○	○

○ ADECUADO PARA EL TIPO DE FUEGO
△ PUEDEN USARSE
× NO DEBEN USARSE EN ESA CLASE DE FUEGO

INSTITUTO TECNOLOGICO REGIONAL DE VERACRUZ			
CLASIFICACION DE MATERIALES COMBUSTIBLES Y EXTINGUIDORES ADECUADOS PARA SU EXTINCION			
TE S I S P R O F E S I O N A L	M E M P	FECHA/ABRIL-73	D I B. N º 9



C A P I T U L O V

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

R E F E R E N C I A S

Andrade Manuel " Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo ". Ediciones Andrade, 1970.

Andrade Manuel " Nuevo Reglamento de Higiene del Trabajo ". -- Ediciones Andrade, 1965.

Blatz Hanson # "Radiation Hygiene Handbook": Liquid and solid waste disposal. Mc. Graw Hill Book Co., 1959.

Browning Ethel " Harmful Effects of Ionizing Radiations " -- pp. 32, 65, 78, Elsevier. Publ. Co. Amsterdam, London, New York, 1959.

España Valenzuela Romeo y Colaboradores "Principios Básicos sobre Protección Radiológica a Trabajadores Profesionalmente Expuestos".- Traducción y arreglo de los textos Basic Radiological Health y Occupational Radiation Protection, editados por el U.S. Department of Health, Education & Welfare, Division of Radiological Health, Training Branch, México, 1967.

Muller Herman J. Ph. D. "Radiation and Heredity" p. 42 American Journal of Public Health, Vol. 54 Nr. 1, New York, N.Y. 1964.

Patty Frank A. " Industrial Hygiene and Toxicology " Frank - A. Patty, Editor, Vol. 1, 1970.

Steere Norman V. "Handbook of Laboratory Safety" División --
Safety Engineering, The 3 M. Co., St. Paul, Minnesota. Publi-
shed by the Chemical Rubber Co., 1968

Treviño Arizpe Roberto y Colaboradores "Estudio para la loca-
lización de un Centro Nuclear en México" Comisión Nacional-
de Energía Atómica, 1963.

"Handbook of Industrial Loss Prevention" prepared by the --
Staff of the Factory Mutual Engineering Corporation, Mc. --
Graw Hill Book Co. 1967.

"Hearings on Industrial Radioactive Waste Disposal " Joint-
Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, -
1959.

Hernández Jorge "Reglamento de Clasificación de Empresas pa-
ra el Seguro de Riesgos Profesionales" Conferencia plenaria,
Memorias del Congreso Nacional de Seguridad, 1970.

"Manipulación sin Riesgos de los Radioisótopos" apéndice I -
pags. 79, 83, Organismo Internacional de Energía Atómica, Co-
lección Seguridad No. 1, Viena, 1958.



IMPRESO EN MEXICO

LUYSIL DE MEXICO, S. A.

Sor J. I. de la Cruz 131-E

Col. Sta. Ma. la Ribera

México 4, D. F.

Tels. 547-09 33 y 547-40-99