

TESIS DE GRADUACION
FEDERICO MORALES R.

REACTOR DE PILA PARA INVESTIGACION

1966

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

INVENTARIO 10123391

UES
9.75
828r



BREVE RESEÑA HISTORICA DE LOS INVESTIGADORES
DEL ATOMO DESDE LA ANTIGUEDAD HASTA NUESTROS DIAS

Democrito- Grecia de 500 años A. C. Fué el que bautizó al átomo con su nombre. Lo definió como la parte de la materia, más pequeña, indivisible de la que está compuesto el Universo entero.

Lucrecio. Roma- 75 años A. C. visualizó el átomo como teniendo enganches que les permitía estar unidos como para formar la materia sólida. Los elementos como los fluidos y los gaseosos estarían compuestos de átomos teniendo superficies suaves y lisas.

John Dalton. Inglaterra 1808. Concluyó que los átomos de los elementos específicos como el hierro eran iguales en tamaño, forma y peso. Él estableció que las reacciones químicas no les causan ningún cambio pero sí influyen en el arreglo de las combinaciones de los elementos.

También dispuso que el átomo más simple como es el del hidrógeno serviría de base para establecer el peso atómico a los elementos. Así el hidrógeno tendría el valor de la unidad y el oxígeno que es 8 veces más pesado que el hidrógeno tendría el valor 8.

(Desde los experimentos de Dalton se encontró el peso del oxígeno de 16)

Ernesto Rutherford. Inglaterra- 1911 Esta intimamente ligado -- con el origen del moderno concepto del átomo.

Concibió que el átomo debería tener una masa muy concentrada en el centro formando un núcleo alrededor del cual girarían los electrones.

Niels Bohr. Inglaterra 1913. Dedujo a través de la investigación matemática, que los electrones giran en órbitas alrededor del núcleo del átomo.

James Chadwick. Inglaterra 1932.

Ambos Bohr y Chadwick trabajaron juntos en varias ocasiones en la tarea de investigación de la estructura del átomo.

Chadwick descubrió el neutrón el cual generalmente considerando actuando en agrupación con los protones formaba el núcleo del átomo.

El átomo es conocido por nosotros ahora debido al esfuerzo y dedicación de preclaros cerebros del mundo entero. Otto Hahn y Fritz Strassman - Alemania- 1939 y los físicos Lise Meitner y Otto Frisch descubrieron que cuando cierto núcleo de uranio --- (que más tarde se determinó ser el isotopo uranio 235, por cierto

relativamente desconocido en esa época) absorbe un neutrón, dicha acción puede causar rompimiento o FISION del núcleo en dos partes con pesos distintos y de tal naturaleza que ocuparían -- puestos más o menos en el medio de la tabla periódica.

Enrico Fermi. E.E. U.S. de N. A. Diciembre 2 de 1942. El primero en controlar y autocontrolar las reacciones nucleares en cadena acompañado de su equipo de colaboradores de Staggfield de la Universidad de Chicago.

A T O M O S - SU COMPOSICION

Los átomos son muy pequeños. Nadie ha visto jamás un átomo. Son tan diminutos, que aun el imaginarlos es difícil.

En una gota cualquiera de agua hay seis mil trillones de átomos. Seis mil trillones es una cifra compuesta de un 6 y veintiún ceros (6,000,000,000,000,000,000,000). Este número de gotas bastaría para abastecer las Cataratas del Niágara por más de dos mil años.

Pero los hombres han aprendido mucho acerca de los átomos. Han estudiado en el laboratorio como actúan. Se han valido de las matemáticas para explicar los resultados de los experimentos del laboratorio. Entonces han supuesto cosas acerca de los átomos. Y algunas de estas suposiciones han resultado correctas mediante nuevos experimentos.

Los átomos parecen estar formados principalmente por tres cosas.

La primera es un protón. Generalmente se le representa por una pequeña esfera blanca, a veces con el signo "más". Nadie sabe realmente a que se parece. Está cargado de electricidad positiva.

La segunda es un neutrón. Generalmente se le representa por una pequeña esfera negra. Nadie tampoco ha visto jamás un neutrón. No tiene carga eléctrica alguna.

La tercera es un electrón. Generalmente se le representa por una pequeñísima esfera blanca, a veces con el signo "menos". Es también invisible. Tiene una carga eléctrica negativa.

Los protones y los neutrones forma un agregado en el centro del átomo que se llama "núcleo". Los electrones se mueven alrededor de esta masa central a la manera que la Tierra y otros planetas giran alrededor del Sol.

En su loca carrera alrededor del nucleo el electrón está - por decirlo así, en todas partes a la vez; girando a esta enorme velocidad el electron teje una densa cáscara alrededor del - nucleo, así como las paletas de la helice de un avión forman un "solido" disco.

Bohr calculó esta velocidad: no menos de 7 mil billones de revoluciones por segundo.

Fué el científico Niels Bohr el que se ingenió la estructura del átomo. Con esta nueva teoría atómica pudieron los sabios explicar muchas cosas. Un importante descubrimiento fué el de que los átomos comparten los electrones de sus cortezas al unirse para formar una molécula. Los núcleos no se alteran jamás en una reacción química; permanecen siempre a una gran distancia, protegidos por sus cortezas de electrones.

La teoría de Bohr nos proporcionó el dibujo del átomo que ya nos es familiar el de un sistema solar en miniatura.

Pero con Rutherford y Bohr la teoría atómica adquirió giros extraños. Esa esfera dura e impenetrable que era el átomo resultó ser casi toda de espacio vacío. Todo lo que nos rodea, la silla en que nos sentamos, nuestras casas, toda la tierra, todo es virtualmente espacio vacío, con sus núcleos y electrones aislados y desamparados. Si se pudiera eliminar todos los espacios vacíos del cuerpo humano, quedaría reducido al tamaño de un grano de arena, que apenas podríamos apreciar con la yema de los dedos. O tenemos 5 mil acorazados y portaviones, al eliminarles el espacio libre de los átomos, quedarían reducidos al volumen de una pelota de béisbol. Pero esa pelota seguiría pesando lo mismo que los 5 mil barcos. No habría donde colocarlo. Probablemente atravesaría la tierra hasta llegar a su mismo centro.

Todos los átomos se componen de protones, neutrones y electrones. Y todo cuanto conocemos en la Tierra, animal, vegetal y mineral - está formado por átomos.

Los átomos pueden ser muy diferentes.

Sabemos que un gas como el helio, por ejemplo, es muy diferente de un metal como el cobre. Un solo átomo de helio es igualmente diferente de un solo átomo de cobre.

Los átomos de helio y de cobre tienen diferente número de protones, neutrones y electrones. El átomo de cobre es muy pesado. Tiene más protones, neutrones y electrones.

E N E R G I A D E L A T O M O

Cuando los protones, neutrones y electrones separados se unen para formar un átomo, el átomo completo pesa menos de lo que todas sus partes individuales pesaban antes de que fueran unidas.

Esta pérdida de peso equivale a energía.

PERO cada uno de los protones, neutrones y electrones individuales desprende una cantidad diferente de energía, según la clase de átomo que en definitiva se forme.

Si el hombre pudiese cambiar átomos que desprenden poca energía por átomos que desprendan una energía más intensa, podría aprovechar esa energía adicional.

Y sí que puede hacerlo

2 protones 2 neutrones 2 electrones 1 átomo de Helio, más cierta cantidad de energía.

Hay algunos átomos, incluyendo los de ciertos tipos de uranio, que se dividen en fragmentos con bastante facilidad.

Esto ocurre cuando un neutrón penetra en el centro o núcleo del átomo. Ese neutrón adicional es el disparador - el "fósforo" atómico que inicia la fisión o división.

Un átomo de uranio tiene más protones, neutrones y electrones que ningún otro átomo existente en la naturaleza. Cuando se fisiona, casi todos los fragmentos pueden reagruparse en átomos más pequeños que desprenden MAS ENERGIA.

La energía atómica proviene del nacimiento de estos nuevos átomos.

REACCION EN CADENA

A medida que un átomo de uranio se divide en diversas partes que dan lugar a nuevos átomos, algunos neutrones quedarán en libertad. Si estos neutrones encuentran en su camino otros átomos de uranio del tipo susceptible de dividirse, el proceso continuará. Esto se conoce por reacción en cadena.

El reactor atómico permite al hombre controlar este proceso de fisión y asegurarse de que el "fuego" atómico no se extinga.

El calor del "fuego" atómico es igual al calor del fuego producido por un combustible ordinario. La diferencia está en el combustible, no en el uso que se haga del calor.

..... "

Cuando un hombre quema una libra de carbón, parece que nada se ha perdido. El gas proveniente del carbón y las cenizas-remanentes parece como se pesasen una libra completa.

En realidad, las cenizas y el gas no pesan una libra completa. Si la balanza fuese lo bastante exacta, mostraría que falta un tercio de una mil millonésima parte de la libra. Esta fracción de $\frac{1}{3,000,000,000}$ se ha transformado en energía.

El hombre sólo aprovecha una mínima parte de la energía - del átomo, alojada en su parte más externa, cuando quema un combustible como el carbón.

Cuando, en cambio, el hombre fisiona una libra de uranio, una milésima parte de la libra se convierte en energía. Esta fracción de $\frac{1}{1,000}$ es tres millones de veces mayor que la fracción de carbón que se convierte en energía.

Esto significa que una libra de uranio puede producir tanto calor como 3,000,000 de libras de carbón.

Mediante la fisión o división de la parte central del átomo en vez de alterar su parte más externa, el hombre pone en juego las grandes fuerzas de la creación.

Este es el potencial de la energía atómica.

RADIACIONES Y RADIOACTIVIDAD

El calor obtenido de un "fuego" atómico es el mismo calor que proviene de un fuego cualquiera.

Puede hacérsele trabajar.

El hombre está acostumbrado a considerar el calor como una forma de energía. Pero una reacción atómica produce radiaciones además de calor.

Estas radiaciones adicionales son invisibles. No hacen ruido ni tienen olor ni sabor y el hombre no puede sentir las. Ha tenido que inventar nuevos instrumentos para descubrir la presencia de estas radiaciones.

Las radiaciones no son nuevas precisamente porque los instrumentos sean nuevos. En el mundo siempre han existido radiaciones atómicas en tanto han existido las radiaciones de luz y calor. Todas son manifestaciones de la actividad de la Naturaleza.

Las radiaciones están formadas por partículas y rayos emitidos por la parte central del átomo al tratar de estabilizarse después de la fisión. El átomo sujeto a este proceso de emisión se dice que es radioactivo.

Las tres principales formas de la radiación se denominan - con las tres primeras letras del alfabeto griego: ALFA, BETA Y GAMMA.

Las radiaciones ALFA son realmente partículas. Estos pedacitos de materia se componen de dos protones y dos neutrones -- (reunidos en un grupo como el de la parte central del átomo de helio).

Aunque la partícula ALFA posee inicialmente una velocidad de 6.000 millas por segundo, no pesa lo bastante para andar muy lejos. Sólo avanza en el aire dos pulgadas. Unas pocas hojas de papel bastan para detenerla.

La radiación BETA está formada por electrones emitidos desde la parte central de un átomo radioactivo. Estas partículas - pueden recorrer en el aire varios pies. Pero no penetran fácilmente en los materiales.

Una delgada lámina de aluminio basta para detenerlas.

La radiación GAMMA es la más difícil de contener. Esta radiación está formada por ondas de energía bastante parecidas a los rayos X, pero mayores.

Se requieren gruesas capas de plomo o de hormigón para interceptar los rayos GAMMA.

Las radiaciones ALFA, BETA Y GAMMA existen dondequiera que haya átomos fisiónados.

Las radiaciones significan que es preciso tomar precauciones al manipular materiales fisiónados.

Las radiaciones significan que es preciso tomar precauciones al manipular materiales fisiónables. En casi todos los procesos industriales hoy en día se adoptan precauciones basadas - en los conocimientos adquiridos, y el hombre está constantemente aprendiendo cada día más acerca de las radiaciones.

Se han perfeccionado técnicas especiales de limpieza para los casos de emergencia que ocurren cuando se derraman átomos - radioactivos.

Estos métodos implican tiempo y dinero y sería siempre mucho me jor evitar que se derramasen átomos radioactivos.

Pero el hecho de que esos derrames puedan limpiarse significa que el hombre ha avanzado mucho en su intento de frenar el átomo para fines pacíficos.

I S O T O P O S

DESCUBRIMIENTOS DE LOS ISOTOPOS

En una histórica convención de la Asociación Británica - para el adelanto de la Ciencia, celebrada en Birmingham, Inglaterra, en el año 1913, se presentaron dos informes que, aunque sin aparente relación entre ellos, demostraron individualmente que algunos núclidos tienen cargas eléctricas idénticas pero - que sus respectivos pesos son diferentes!

Uno de los informes fué presentado por Frederick Soddy, - quien había colaborado anteriormente con Rutherford en la explicación del comportamiento de la radioactividad natural, Soddy sabía que el núcleo de un átomo radiactivo pierde peso y - carga positiva al descargar una partícula alfa (o sea un núcleo de helio). No obstante, cuando un núcleo emite una partícula beta (o sea un electrón negativo), su peso permanece casi inalterado, pero su carga positiva aumenta. Así pues, Soddy pudo deducir los pesos y la carga nuclear de muchos productos radiactivos. En varios casos los productos de dos clases de radioactividad diferentes tenían la misma carga nuclear pero diferentes pesos. Como la carga positiva que posee un núcleo es la que determina la cantidad de electrones necesarios para completar el átomo, la carga del núcleo es en realidad la responsable de sus características exteriores o sea las propiedades químicas del átomo.

Esta conclusión se confirmó cuando se trató de separar, - sin éxito varios productos de radioactividad de la misma carga nuclear pero de diferentes pesos por procesos químicos. Aún -- cuando los productos usados en estos experimentos demostraron diferentes velocidades de desintegración radiactiva, todos parecían consistir químicamente en átomos idénticos del mismo elemento químico; por consiguiente, parecían pertenecer al MISMO-SITIO en la tabla periódica de los elementos. Soddy sugirió -- que estos átomos se llamasen ISOTOPOS, que quiere decir en --- griego, MISMO SITIO.

En esta misma convención científica, F. W. Aston, asistente de Thomson, describió el comportamiento de los átomos cargados, o sean los iones de un chorro de neón gaseoso en un tubo al vacío parecido al tubo de rayos catódicos que usó Thomson para descubrir el electrón. El trayecto formado por los iones de neón en su rápido escape de un extremo a otro del tubo podría deflectarse con un imán. Como las partículas más livianas pueden deflectarse con más facilidad que las pesadas, la cantidad de deflexión es, por consiguiente, una buena indicación del peso de las partículas. Comparando la deflexión de las partículas de un gas conocido, como el oxígeno, Thomson y Aston pudieron medir el peso atómico del elemento neón. Para sorpresa de ambos científicos este ensayo demostró que hay en realidad dos clases de neón. Casi cuatro quintas partes de los átomos sometidos a prueba tenían un peso atómico de 20, mientras que los restantes tenían un peso de 22.

Lo que Thomson y Aston habían hecho en realidad había sido demostrar que el elemento neón estable es una mezcla de dos isótopos. El dispositivo utilizado para hacer estas detecciones se llama espectrógrafo de masa. Hoy día, con estos instrumentos detectores se ha podido demostrar que más de las $3/4$ partes de los elementos químicos estables son mezclas de dos o más isótopos estables. Este total asciende ya a unos 300 isótopos aproximadamente. El número de isótopos radiactivos inestables, bien sean naturales o manufacturados, asciende a más de 1.000 y esta cantidad sigue aumentando.

ESPECULACIONES EN EL CAMPO DE LAS REALIZACIONES INHUMANAS
MEDICINA, AGRICULTURA, GANADERIA, INDUSTRIA ETC.

Durante incontables siglos el hombre ha usado fuego. Sabía que el fuego calentaba, pero también que podía quemarle la mano. Desde entonces aprendió a dominar el fuego, a aprovechar sus beneficios y a evitar sus peligros. Con el fuego atómico, el hombre se encuentra enfrentando de nuevo exactamente la misma situación. El átomo es una fuente de radiaciones invisibles, cuyos peligros son infinitamente más sutiles que los del fuego. Y por lo mismo, sus potenciales beneficios para la humanidad son también más sútiles. Los rayos del átomo guardan una grandiosa promesa para la investigación y la medicina.

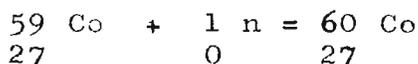
Un reactor encierra una "explosión" lenta, continua. Arde mansamente, como el suave resplandor del rescoldo. En cada división de un átomo se produce una furiosa explosión de rayos gamma y constantemente se produce gran número de neutrones. Ambos, rayos gamma y neutrones, son peligrosos para el hombre. La exposición indebida a estos rayos causa enfermedades de radiación y acortamiento de la vida. Para proteger al personal que trabaja con reactores atómicos, todo el reactor está encerrado en pesadas paredes de cemento que absorben la peligrosa radiación impidiendo su escape. Contra los neutrones, son buena protección -- gruesas cortinas de agua. En adición a estas precauciones básicas, todo el personal y todo el equipo están bajo supervisión constante. Supervisores médicos vigilan las instalaciones atómicas con contadores Geiger para impedir que se pueda acumular -- ningún escape de radiación, haciéndose peligrosos.

Al pensar en la radiación atómica, tenemos siempre presente el peligro, y nos olvidamos del bien que hacen los rayos atómicos. Durante muchos años se han usado radiaciones radiactivas para tratar enfermedades como el cáncer. Antes de que se construyeran los reactores atómicos, la única fuente práctica de radiación para uso médico era el radio. Hoy el reactor no es solamente fuente primaria de energía; también es un instrumento de hacer radiactivos, como el radio, muchos elementos. Desde que comenzaron a funcionar los reactores el radio natural ha sido reemplazado en los hospitales por elementos artificialmente radiactivos.

.....

Como hemos visto, el neutrón es la llave de la energía atómica. El mismo neutrón es la varita mágica que hace de un elemento natural normal uno radiactivo. He aquí como sucede eso:

Dentro del reactor se tiene un número prodigioso de neutrones en constante movimiento. Millones de millones de neutrones atraviesan cada centímetro cuadrado del reactor por segundo. Un trozo de material sumergido en el corazón del reactor se ve sometido a un bombardeo constante de neutrones en densa lluvia. Atraviesan los átomos del material como otros tantos millones de gotas de lluvia se filtran por el follaje de un bosque. De vez en cuando un neutrón choca contra el núcleo de un átomo y se queda allí prendido. Tomemos el elemento cobalto por ejemplo, es un metal de la familia del hierro y el níquel, y uno de los pocos elementos de la Naturaleza que tienen un solo isótopo. Todos los átomos de cobalto tal como este se encuentran en la corteza terrestre, son de una clase: $\frac{59}{27} \text{Co}$, es decir, 27 protones y 32 neutrones en el núcleo dando un peso atómico de 59. Si se pone un trozo de cobalto en el reactor, exponiéndolo al bombardeo de neutrones, gran cantidad de los átomos de cobalto capturan un neutrón extra cada uno. Ahora estos átomos tienen 33 neutrones en el núcleo. Este nuevo núcleo se escribe $\frac{60}{27} \text{Co}$. Una sencilla ecuación describe todo el proceso que se desarrolla en el reactor:



En, por supuesto, es el símbolo del neutrón, cuyo peso es 1 y la carga 0. Este $\frac{60}{27} \text{Co}$ nuevo sigue siendo un átomo de cobalto, porque no cambia el número de protones de su núcleo. Es un isótopo artificial del cobalto con un peso atómico de 60, átomo que no existe en la Naturaleza y sólo puede hacerse artificialmente.

Pero aquí no termina la historia. El neutrón extra del núcleo lo hace inestable, como un núcleo de los elementos naturalmente radiactivos, radio y uranio. Al cabo de un tiempo, el núcleo de cobalto 60 emite un rayo gamma. Así, colocando un trozo de cobalto en el reactor, lo hemos hecho radiactivo. Es un isótopo radiactivo artificial o, como dicen los físicos, un "radioisótopo".

Un trozo de cobalto que sale del reactor contiene en realidad un pequeño porcentaje del radioisótopo cobalto-60. Los más de sus átomos no han capturado un neutrón, por lo que siguen siendo átomos normales de cobalto-59. Pero aun esos pocos átomos radiactivos mezclados con muchos más átomos normales de cobalto son suficientes para hacer el trozo de cobalto fuertemente radiactivo.

El radioisótopo cobalto-60 tiene una vida media de 5 años y 3 meses. Transcurrido este tiempo, la mitad de sus átomos - habrán experimentado su única emisión de rayos gamma, y la radiactividad del trozo entero de cobalto será exactamente igual a la mitad de su intensidad original.

En el reactor atómico se pueden poner muchos otros elementos y hacerlos radiactivos artificialmente. Hoy hay disponibles grandes cantidades de radioisótopos para uso en la ciencia y la medicina. Han abierto un nuevo y fascinante campo de investigación convirtiéndose en unas de las más asombrosas herramientas científicas de la era atómica. Un aspecto importante de su utilidad es que se puede seguir sus huellas; fácilmente delatará su presencia un contador Geiger aun cuando se trate de cantidades invisibles imposibles de ubicar por medios químicos. Por ello, los radioisótopos son también llamados "átomos-guía".

Tomemos una aguja de coser y coloquémosla en el reactor atómico por poco tiempo. Algunos de los átomos de hierro del acero capturarán un neutrón y se transformarán en radioisótopos del hierro. Al sacar la aguja, tendrá una cierta radiación, haciendo que se ponga en marcha el contador Geiger. Ahora podríamos encontrar esa aguja en el proverbial pajar, sin dificultad alguna. El contador Geiger nos llevaría directamente a su escondite.

Hacer levemente radiactivo un trozo de material es como poner un cencerro a una oveja. Se sabe dónde está el rebaño por el sonido de la campana. Del mismo modo podemos ubicar los átomos-guía con un contador Geiger o cualquier otro detector de radiación.

Este maravilloso sistema hace a los radioisótopos una bendición de la ciencia, la ingeniería y la medicina. En todo proceso de investigación es extremadamente importante poder localizar pequeños fragmentos de materia.

Por ejemplo, un ingeniero quiere probar la resistencia al uso de un nuevo tipo de aro de pistón. Entonces mezcla al acero - un poco de radioisótopo de hierro y hace andar al aro en el motor durante unas cuantas horas. En el proceso, se desprenden microscópicos fragmentos de acero, entre los que habrá -- algunos delatores átomos-guía. El aceite se lleva todo, y, -- probando el aceite con un contador Geiger, el ingeniero puede saber cuanto acero se desgasta; en otras palabras, cuál es la resistencia al desgaste de su aro.

En las refinerías de petróleo, se puede usar los radioisótopos para inspeccionar los oleoductos. Agregando al petróleo algunos átomos-guía, podemos "rotular" partidas de petróleo de distinta graduación y seguirlas a todas partes. Las -- filtraciones se descubren fácilmente, porque traiciona la presencia de radiactividad en el exterior de las cañerías.

Sin embargo, el mayor valor de los radioisótopos es para la biología. Antes de que los biólogos dispusieran de átomos-guía, les era difícil estudiar la química de los organismos -- vivientes. Tenían que matar sus animales de experimentación, y había que cortar las plantas. Ahora, con los átomos-guía, -- estudian el cuerpo viviente en acción. Siguen el movimiento -- de la materia en los conductos de la vida.

Así, en la producción de alimentos para la humanidad hambrienta, los radioisótopos son una gran ayuda potencial. Es -- muy importante conocer cuál es realmente la parte de los fertilizantes, suelos y abonos que toman las raíces de las distintas plantas; la adición de pequeñas cantidades de radioisótopos contará esta historia. Al crecer la planta, el contador Geiger dirá cuánto del material fertilizante ha utilizado --- realmente la planta para construir su cuerpo. Más aun, los -- radioisótopos pueden rastrearse en el cuerpo de un animal que coma esta planta. En síntesis, los radioisótopos nos dicen -- que están haciendo los organismos viviente de plantas y animales. Investigaciones futuras con átomos-guía tendrán como resultado mejores cosechas y aumentarán el rendimiento de nuestras granjas. Los radioisótopos nos ayudarán a producir comida suficiente para la creciente población del mundo.

Los radioisótopos, como se usan en el cuerpo humano, están abriendo una nueva era para la medicina. Pueden usarse de tantos modos que ya se han publicado miles de comunicaciones científicas sobre ellos en las revistas médicas.

Su mayor valor está en el diagnóstico de trastornos humanos, y en muchos casos ayudan allí donde fallan los rayos X. Por ejemplo, el sodio puede hacerse radiactivo y prepararse como sal común. Como solución salina se inyecta el radioisótopo de sodio en el brazo del paciente. Este radioisótopo se incorpora al torrente sanguíneo, que lo transporta al corazón. Un contador Geiger colocado cerca del corazón del paciente comenzará a sonar en el preciso instante en que la sangre marcada llegue al órgano. Así se puede medir el tiempo exacto que tarda la sangre del brazo al corazón y esto ofrece una pista valiosísima para el diagnóstico de algunas enfermedades cardíacas.

Un paciente puede tener una afección de la glándula tiroidea, ubicada adelante en la parte baja del cuello. A este paciente se le da un "copetín atómico", que contiene una pequeña cantidad de yodo radiactivo. Como el tejido tiroideo tiene una gran preferencia por el elemento químico yodo, al cabo de pocas horas el tiroideo ha acumulado casi todo el radioisótopo del yodo; desde allí emite el isótopo sus rayos denunciadores. Entonces se coloca al paciente bajo un contador especial que se mueve lentamente sobre su cuello. Midiendo la radiación en todas direcciones, el cirujano puede trazar un mapa con el tamaño y ubicación exactos del tiroideo y medir la acumulación de yodo en dicha glándula. Así, aunque una radiografía del cuello no indicaría nada, el radioisótopo del yodo puede revelar lo necesario para hacer un diagnóstico exacto de la condición del tiroideo.

Los radioisótopos pueden también curar. Pequeñas fuentes de radiación pueden colocarse en distintas partes del cuerpo, para ayudar en la curación allí donde no son prácticos ni el radio ni los rayos X. Los radioisótopos del cromo, por ejemplo, se usan para curar trastornos del sistema linfático. Otros elementos van directamente a aquellas partes del cuerpo que los necesitan. El fósforo, por ejemplo es uno de los elementos químicos que forman los huesos; por lo tanto, los radioisótopos del fósforo se acumulan en los huesos. Allí, cerca de la médula, donde el cuerpo fabrica las células de la sangre, trabaja su suave radiación. Así pueden curarse determinados tipos de enfermedades de la sangre. El radioisótopo fósforo-32 tiene una vida media de sólo 14 días y medio; así, su radiación se debilita y detiene al cabo de pocos meses.

Un paciente puede llevar consigo su fuente de radiación, que hace su trabajo incesantemente día y noche, y cuando se ha recibido la dosis debida, la radiación se extingue por sí sola.

Y está el radioisótopo del cobalto. Vimos que el isótopo cobalto-60 tiene una vida media de más de cinco años. Esto es un tiempo largo, y hace que valga la pena encerrar un trozo de cobalto en un pesado escudo de plomo y enviarlo a un hospital. Esta es la famosa "bomba cobalto" que ya se utiliza en muchos hospitales del mundo. Una bomba de cobalto de tamaño normal emite una radiación equivalente a tres cuartos de kilo de radio, pero es mucho más barata. Es una bomba --- construida para dar la vida, no la muerte.

Dosis la radiación, cuidadosamente vigiladas, concentradas en un cáncer, pueden detener su crecimiento o eliminarlo por completo.

ALGUNOS DATOS ACERCA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS NUCLEARES.

El edificio esencialmente consiste en tres secciones o - areas: el area del reactor, el area de laboratorio y el area-administrativa.

REACTORES MODERADOS POR AGUA LIGERA: Los reactores moderados-por agua ligera pueden subdividirse en reactores de piscina y reactores de tanque. Un reactor de piscina está constituido - por una piscina, abierta, con agua, dentro de la cual se sus-pende el núcleo por medio, de un puente movable. Un reactor - está constituido por núcleo estacionario dentro de un tanque-que le envuelve estrechamente y a través del cual se hace cir-cular agua para eliminar el calor producido durante la opera-ción.

REACTORES DE PISCINA: Los reactores de piscina deben su éxito a su bajo costo, seguridad, accesibilidad y flexibilidad. Ha-cen uso ingenioso del agua como refrigerante, moderado, blindaje y reflector.

El diseño es simple y lo integra esencialmente un entra-mado de elementos combustibles sumergidos en una gran piscina de agua. Pueden cambiarse a mano y con facilidad las configu-raciones del núcleo desde encima de la piscina. Usualmente es posible situar el núcleo en diversas posiciones en la piscina que, en la mayoría de los reactores, está dividida en dos par-tes por una compuerta que puede quitarse.

Generalmente una parte de la piscina tiene un comparti-miento en el cual los tubos para haces y la columna térmica - convergen hacia el núcleo. Cuando el núcleo está situado en - dicho compartimento, adyacente a los tubos y columna térmica, se dispone de máximo flujo externo de neutrones y rayos gama.

La otra parte de la piscina consiste en un area abierta más grande y sin obstrucciones que puede acomodar aparatos pa-ra experimentos de blindaje y técnica. Para tales disposicio-nes experimentales grandes puede drenarse esta parte de la --piscina y, estando un núcleo en su posición en el compartimento, es posible el equipo sobre el piso de la piscina. Esta -- puede llenarse nuevamente, quitarse la compuerta y pasarse el núcleo por la abertura hasta situarlo contra los aparatos.

Los elementos combustibles, o conjuntos de ellos, usados más comunmente, son los de tipo MTR. Los elementos combusti-bles generalmente son de aleación de aluminio y uranio, recu-biertos exteriormente de aluminio. El número de placas combustibles puede variar entre 10 y 20.

.....

El conjunto de elementos combustibles es una caja de unas 3-pulgadas por lado y 2 pies de largo, a la que se han soldado piezas cilíndricas en su fondo para que se ajusten en la placa de rejilla del reactor. A los elementos combustibles de este diseño generalmente se los llama elementos tipo MTR debido a que fueron desarrollados para el "Materiales Testing-Reactores" (Reactor de Pruebas de Materiales).

San Salvador, 25 de febrero de 1961.

Composición IV Octavo Ciclo de Ingeniería y Arq. Universidad de El Salvador.

El meollo consiste de una serie de elementos combustibles planos del tipo de placas como "emparedado" y la placa del centro contiene de 20 a 90% de uranio enriquecido (o dióxido de uranio) disperso en el aluminio; el peso de uranio-235 requerido para su funcionamiento satisfactorio es de 5 a 7 libras. Los elementos combustibles está suspendidos verticalmente cas i en el fondo de una pila de agua aproximadamente de 20 pies de profundidad, es debido a esta característica que se le ha dado al reactor su nombre. El agua actúa como moderador, reflector y protector, y por convención provee enfriamiento ade cuado en niveles de energía hasta de 100 kilowatts.

El elemento combustible de tipo de placa consiste en -- una serie de placas largas rectas o curvas (como emparedado) colocadas en un cuadro de fondo alto. El centro del emparedado contiene una proporción relativamente pequeña de uranio enriquecido, ya sea metálico o en forma de dióxido, dispersado en una matriz de aluminio, zirconio o acero inoxidable. -- Las capas exteriores de protección del "emparedado" son del mismo material que la matriz de la placa del centro.

MODERADORES Y REFLECTORES DEL REACTOR

En el caso de reactores térmicos, el moderador y reflec tor tienen esencialmente las mismas características, de mane ra que trataremos de ambos a la vez. Los requisitos, básicos para un moderador son que consista únicamente de elementos -- de número bajo de masa (o peso atómico) y que no absorba -- neutrones en forma considerable. Los únicos materiales prácticos para emplearse como moderadores (y reflectores) son, -- en consecuencia, el agua común, agua pesada, béril&o y sa -- oxido, grafito (carbono) y posiblemente ciertos compuestos -- orgánicos.

ENFRIADORES El agua es muy ventajosa (moderado ideal).- Sirve como moderador y enfriador, aunque en el caso de reactores que funcionan a altas temperaturas se requieren altas presiones pa ra elevar el punto de ebullición del líquido, volviéndose muy-

.....

corrosiva lo que requiere el uso de materiales como el zirconio o acero inoxidable.

Resulta ideal el Sodio - Ataca al zirconio y al acero inoxidable muy poco - ideal para eliminar el calor. El sodio es - altamente reactivo en el oxígeno del aire y el agua y el líquido se convierte en sólido a temperaturas bastante superiores de las ordinarias.

El papel del Arquitecto en el Diseño y Construcción de los proyectos de Edificios para Reactores Nucleares es especialmente provocador o de mucha demanda debido a las exigencias de una nueva y dinámica ciencia que es la energía nuclear.

PARTICIPANTES.- Los principales participantes en el desarrollo de los proyectos de reactores nucleares son: Los propietarios, Comisión Energía Atómica, Abastecedores de Reactores, Arquitectos, Fabricantes de Combustibles, Consultores y el Contratista General.

EXPERIENCIAS.- Un típico proyecto de Reactor atraviesa por diferentes fases de desarrollo desde el principio hasta su termino. Esas fases descritas abajo son típicas y basadas en el conocimiento ganado por la experiencia en el diseño y construcción de 12 reactores nucleares para facilidades de investigación.- El alcance de cada fase está sujeta a variaciones basadas en requerimientos especiales.

FASE I ANALISIS Y PLANTEAMIENTO

El propietario y el Arquitecto analizan el plan del Reactor Completo específicamente diseñado para los amplios-objetivos del propietario en el campo nuclear con la ayuda de consultores, tales como los abastecedores de reactores, Agencias de gobierno y locales y A.E.C.

Posibles sitios para localización de las facilidades, - problemas contractuales, estimación de costos, requerimientos científicos, requerimientos de combustible, etc., evaluados durante el desarrollo.

FASE II DISEÑO PRELIMINAR

Escogido el sitio se desarrollan las especificaciones para el reactor, facilidades y desarrollo de los edificios de acuerdo con el diseño preliminar. Se toma contacto con varios consultores en los distintos campos para completar y cristalizar el diseño preliminar en todas las fases. Se escoge un abastecedor de reactores. Se establece una coordinación de las fases y de los programas.- Se revisan los costos.

FASE III PERMISO DE CONSTRUCCION

El propietario y el Arquitecto trabajan con un consultor para tener un reporte de riesgos preliminar. Este reporte establece lo seguro de la operación basado en la evaluación considera los planos preliminares del edificio y -

.....

el diseño del reactor en relación a la situación topográfica geológica, hidrológica, meteorológica, densidad de población y otros datos pertinentes del sitio mostrando todas -- las medidas de precaución y seguridad que han sido tomadas. Este reporte es entonces sometido al A. E. C. el cual, al -- aprobarlo, otorga un permiso de construcción.

FASE IV DETALLES DE DISEÑO

Una vez establecido el permiso de construcción, el Arquitecto y Abastecedor del Reactor preparan dibujos de construcción y de instalación y especificaciones. Siendo todo -- el trabajo co-ordinado con los requerimientos y disposiciones de las autoridades locales que tienen Jurisdicción sobre el trabajo.

FASE V OFERTAS Y PREMIOS

El Arquitecto obtiene ofertas de los Contratistas de la Construcción general y Fabricantes de Combustibles (Combustible es un material fisionable usado en los reactores nucleares para la producción de energía) Las ofertas se evalúan, la aprobación de los dueños obtenido y se hacen los -- premios.

FASE VI CONSTRUCCION

El Contratista general de Construcción, el proveedor -- del reactor, y fabricantes de combustible proceden a Construir la facilidad -- manufacturar y enviar el equipo del -- reactor e instalar el equipo.- El Arquitecto supervisa y -- administra los problemas detallados para coordinar los programas de los distintos contratistas en armonía con las autoridades locales.- Un reporte final de riesgos es transmitido a la A. E. C.

FASE VII COMIENZO Y APERACION INICIAL

Con la aprobación del reporte final de riesgos del A. E. C. este otorga una licencia para operar la facilidad -- El operador del reactor ensaya los componentes del sistema del reactor y carga el reactor para principiar bajo la guía y asistencia del proveedor del reactor. Una vez estando satisfechas las operaciones de ensayo y carga el reactor es -- operado en pasos sucesivos hasta que se obtiene su total potencia. El propietario acepta las facilidades del reactor a su vez.

FASE VIII OPERACION

El propietario opera la facilidad del reactor y comienza el trabajo experimental.

DATOS QUE DEBERA TOMAR EN CUENTA EL ARQUITECTO
EN EL DISEÑO DE ESTE EDIFICIO.

El planeamiento en relación de los varios elementos que forman un reactor de investigación es bastante complicado. - Básicamente el tráfico de operación está comprendido entre - el area del REACTOR, las areas "CALIENTES", las areas "TIBIAS" y las areas "LIMPIAS". El control de los visitantes a cada una de estas areas es muy restringido o limitado. Además de la relación compleja que existe entre estas areas, habrá -- que tomar en cuenta los requisitos para el control de la sa lud del personal y para el movimiento de materiales.

Además de los requisitos de diseño implantado por las leyes de comisiones atómicas en relación con el planeamiento de esta clase de edificio, hay areas especiales que entrarán en el diseño de un edificio para facilidades nucleares. La siguiente descripción de estas areas no pretenden - ser completas, pero sí una introducción a ellas.

El contenido: Las leyes de proyectos atómicos exige la seguridad de que poblaciones alrededor del edificio no serán perjudicadas por escapes de productos radioactivos. Esto de pende el tipo de reactor, del area que lo contiene y de las condiciones del sitio. Generalmente el edificio es diseñado con un mínimo de puertas o cualquier otra apertura. Un proyecto diseñado bajo este concepto reducirá a un mínimo los posibles escapes de aire del edificio, en caso de incident-- tes nucleares.

El area caliente: Como su nombre lo sugiere, es el sitio donde son manipulados materiales de gran radioactividad.

El area tibia: Incluye las varias facilidades que mantienen el area caliente, tales como laboratorios, cuarto de maquinas, taller de instrumentos, roperos, cuarto de recibos y despachos y cuarto de almacenamiento.

Las areas limpias: Estarán aisladas de las otras areas e incluyen oficinas de administración, oficina de recepción, sala de conferencias, biblioteca, cuarto de teléfonos, cafe tería y demás cuartos que normalmente se necesitan en un -- edificio de este tipo.

EL AREA DEL REACTOR: Incluye el reactor propiamente dicho, - con un espacio amplio de operación adyacente al reactor y -- arriba del mismo. Tendrá una entrada de camiones y un puente de grúa. La grúa se usará para el servicio de las áreas sobre y alrededor del reactor y también para descarga de camiones. Una grúa auxiliar de menor capacidad generalmente se necesita para manipular equipo ligero.

EL AREA DE LABORATORIO CALIENTE: Comprende la sección del edificio donde se llevan a cabo experimentos con materiales - de alta radioactividad. Las varias secciones dentro del área del laboratorio caliente dependen una de la otra. El centro de esta área es la celda o celdas calientes, que contienen - los preparados para los experimentos.

A HOT LABORATORY AREA

AREA DE LABORATORIO CALIENTE

Esta sección del laboratorio en el edificio es donde se efectúan los experimentos con materiales altamente radioactivos.- Las distintas áreas dentro del área del laboratorio caliente son dependientes entre sí.

El centro del área es una celda caliente o célula que - contiene aparatos experimentales. Generalmente la carga de la celda caliente la recibe de un lado o cara y la operación uobservación es hecha por la otra cara. De igual manera la descarga se efectúa en la cara de la carga. Por consiguiente es muy deseable tener el área de almacenamiento caliente, cuarto de equipo descontaminado, y el proceso de desgaste caliente, fácilmente accesibles al área de carga.

La célula caliente se diseña de tal manera que el enrejado biológico de sus paredes reduzca la intensidad de su -- contenido de tal manera que el nivel de radiación de la pared del fondo afuera de la célula este bien con el máximo posible de tolerancia para el personal operante.

También una célula caliente incluye puertas de rejillas, ventanas visoras de rejilla, manipuladores de llave, gruas o monta-carga de un solo riel controladas a control remoto, -- huecos de acceso, bujías para transportar ejemplares o para proporcionar servicios standar o dispositivos opticos.

El área de operación o de trabajo se extiende a todo el largo en la cara de enfrente de la célula caliente y el área

.....

de carga se extiende a todo el largo en la cara de atrás. Se necesita que haya acceso del area de carga al area de almacenamiento caliente, el area de proceso de desgaste caliente, - y al cuarto de equipo descontaminado.

El area de almacenamiento caliente consiste en tubos de almacenamiento revestidos de concreto y reguardados o recubiertos con "plugs". Los tubos de almacenamiento tienen el mismo tratamiento de enrejado que las paredes de la celula caliente. El cuarto de equipo de descontaminación tiene depósitos resistentes a los ácidos y drenajes en el piso para el sistema de desgaste contaminado VARM LABORATORIES - LABORATORIOS TIBIOS - Este tipo de laboratorios son usados para el análisis químico de los materiales radio-activos, desarrollando en gran escala el proceso que se usa en el area caliente ejecutando una variedad de experimentos químicos generales usando pequeñas cantidades de material radio-activo -- como tracers investigadores (con procedimientos para obtener isotopos usados en pequeñas cantidades para fines biológicos, químicos o metalúrgicos, acusando sus movimientos por medio de continua emisión de radiación nuclear)

El uso de particiones movibles es aconsejable de manera que las areas del laboratorio puedan ser acondicionadas a -- las necesidades de los ocupantes. No obstante que hay instalaciones que deben ser fijas como los hoods _____, lavabos y tableros de trabajo.- Los servicios de cada laboratorio incluye aire comprimido, gas, vapor, vacio, agua caliente y fría, fuerza eléctrica, etc. en la medida de las posibilidades

Machine Shop - Cuarto de Máquinas - Se usa para propósitos de mantenimiento y para preparación del montaje experimental. Generalmente, un cuarto de máquinas afuera disponible existe para efectuar trabajos grandes, Equipo típico requerido para cuarto de esta clase incluye, tornos taladros de presión, esmeriles, sierra, fresadora, equipos para fabricar tubos, equipo de soldadores, diversas herramientas, bancos y vestuarios y diversos otros materiales y abastos.

CUARTO INSTRUMENTOS

CUARTO DE INSTRUMENTOS - Se usa para mantenimiento, reparación y calibración del sistema de control del reactor, sistema de monitor y el equipo experimental electrónico.

.....

EL CUARTO CONTADOR.- Se usa para medir la radiación y esta -
completamente sellado. Se necesita un amplio espacio para el
equipo del contador y sus dispositivos. Se necesita espacio-
para los escritorios y gabinetes de ensayo.

LA OFICINA DE SALUD FISICA.- Es utilizada por el personal -
de Salud Física que supervisa la protección de todo el perso-
nal. Se necesita espacio para escritorios gabinetes en ensa-
yo, etc.

EL CUARTO DE EQUIPO MECANICO.- Contiene calentador, ventila-
dor, aire acondicionado, control eléctrico y telefónico requere-
do para las comodidades en instalaciones de este tipo.

EL CUARTO DE CAMBIO DE ROPA.- Contiene duchas, bodega de ves-
tuario "frío" bodega de vestuario "caliente", fregadero, la-
vabos y roperos.

EL CUARTO DE CONTROL.- Contiene los controles para operar el
reactor y debe estar en posición ventajosa de visibilidad pa-
ra apreciar las operaciones del reactor.- El cuarto esta pro-
porcionado para el control del equipo de perchas, consolas -
de operación y equipo normal requerido.

CUARTO DE OBSERVACION.- Esta dispuesto para el visitador de-
control y puede ser usado como cuarto de clase. La experien-
cia ha demostrado que las conferencias a los visitantes en-
el area del reactor son difíciles debido a los problemas de-
la acústica, lo mismo que la presencia de visitantes en el -
cuarto de control hacen las operaciones normales y los expe-
rimentos en el reactor muy difíciles.

BAÑO Y FACILIDADES DE ASEO.- Son accesibles tanto para hom-
bres como para mujeres en todas las areas. Duchas de seguri-
dad de emergencia y baños para ojos hay dispuestos para las-
areas calientes y tibias.

AREA DE BODEGAS.- Consiste en el espacio general de almacena-
miento, bodegas blindadas para las ensamblas y pruebas radio-
activas y una bodega para almacenar el combustible de reser-
va y para ensamblas de prueba. (test assemblies)

REQUERIMIENTOS ESPECIALES.- Además de los elementos genera-
les de planeamiento arriba mencionados, el reactor de inves-
tigación tipo de piscina, requiere un cuarto para la bomba -
y un tanque de almacenamiento elevado (este se emplea para -
la circulación del agua desmineralizada usada para enfriar -
el reactor.

SISTEMA DE DISPOSITIVO RADIACTIVO DE DESECHOS.- Esta dispuesto para coleccionar todos los desechos con posibilidades de contaminación radioactiva. Los desechos que se originan en las-celdas calientes, laboratorios calientes, laboratorios tibios areas de descontaminación, etc.- Los desechos son recogidos-en un pozo o tanque común después de lo cual se neutralizan-y botan. Cuando los desechos estan en el lado de la tolerancia pueden descargarse directamente. Cuando estan encima de-la tolerancia pueden bajarse al límite de tolerancia antes -de ser descargados. Generalmente se hace empleando uno o una combinación de los siguientes métodos, dilución, (hold-up) -suspensión, evaporación - condensación y des-ionización.-

Se puede emplear la dilución para permitir la descarga-de desechos abajo del nivel de tolerancia si el desecho no -es activo y se dispone de una gran cantidad de agua.

Una serie de tanques suspendidos pueden tenerse para --contener los desperdicios para un período suficiente de des-congestionamiento cuando el desperdicio alcanza un nivel to-lerable entonces se descarga.

En el sistema - condensación el desgaste el-recolectado, evaporado y condensado descontaminado enviado a través de una estación de acción de monitor (activity monito-ring), hacia la descarga - los residuos concentrados del eva-porador son recogidos y trasladados a cascos sellados para -embarque a los dispositivos.- Este método incluye una insta-lación bastante costosa economicamente donde se incluyen las operaciones semi remotas.

La Des-ionización es a menudo empleada para reducir la-actividad del agua no volatil debido a los varios isotopos. Este es un atractivo modo de manejar los desperdicios. No --obstante deben hacerse consideraciones posteriores al dispo-sitivo de lavado de los líquidos radioactivos usados en rege-nerizar las resinas. Si se usa un desmineralizador tipo cap-sula - (cartridge) deben hacerse planes para el manejo y dis-posición del (cartridge) capsula.

El diseño de los Sistemas Dispositivos de los Desechos-Radioactivos, requiere cuidadoso analisis de la operación a-efectuarse para determinar los tipos y volúmenes de desechos que serán manejados. En adición las condiciones locales y --Federales, regulaciones del Estado deben determinarse antes-para escoger el sistema más económico.

.....

Se imponen regulaciones estrictas en los niveles de radiación de los ventiladores de aire para remover la posible contaminación del aire fresco. Así el desarrollo de un sistema de filtros de gran eficiencia con control y señales de seguridad es necesario.

CONSIDERACIONES BASICAS DE INGENIERIA

En general, el diseño de las facilidades nucleares es comparable con las de las plantas químicas, con similares problemas de presión al vacío, ventilación, distribución de potencia y control.

Las diferencias consisten principalmente en las condiciones de seguridad requeridas - Por atender a limitaciones de espacio atenderemos a aquellas circunstancias que son diferentes de las practicas usuales en Arquitectura e Ingeniería.

Al presente, exceptuando a unos pequeños grupos independientes y personal A. E. C. el diseño de los reactores atómicos, propiamente, es manejado por los manufactureros. Esos fabricantes van gastando grandes cantidades de dinero y tiempo en el diseño detalle y fabricación de los componentes en el esfuerzo de estandarizarlos. Mientras esta practica tiende a reducir el COSTO posee la tarea de perpetuar los diseños existentes por el descubrimiento de nuevas ideas que envuelven cambios en las partes o los mecanismos. El trabajo del Arquitecto Ingeniero es la del diseñador de proporcionar facilidades, incluyendo el planteamiento.

ESTRUCTURA

Los reactores se diseñan con algunos dispositivos que controlan su operación y operan automáticamente en un caso de emergencia. Los productos de fisión son generados siempre durante la operación del reactor, pero para un reactor heterogeneo estos productos son sacados del elemento combustible solamente por una falla de la estructura de protección por corrosión, daño mecánico, fundición o alguna otra circunstancia. Solo una pequeña parte de los solidos del reactor y el moderador que es semejante son vaporizados, aun bajo circunstancias extremas. Como una precaución final, algunos reactores, generalmente pequeños, son colocados en estructuras que podrían contener los gases radiactivos generados por un reactor fuera de control. Tales clases de estructuras son hechas de concreto y acero.

Los reactores de investigación de baja potencia, especialmente si estan localizados en areas remotas, pueden ser acomodados en es estructuras rectangulares ordinarias. Los-

.....

reactores grandes y sus correspondientes partes industriales no obstante, deben ser acomodados en unas estructuras especiales capaces de soportar presiones con una variación de 1/2 a 2 Lbs. pulg. cuad. para los reactores de investigación y de 15 a 30 lbs. pulg. cuad. y talvez más para los reactores de potencia.- Estas son presiones que podrían resultar si los moderantes sólidos y líquidos del reactor así como los enfriadores bruscamente se vaporizan.- A mayor potencia desarrollada, mayor las nubes radioactivas que pueden estallar en las paredes de la cámara. A menos que las paredes sean gruesas y el gas delgado, se podría escapar y contaminar la atmosfera.

Esas cámaras de gas sellados son diseños, también para soportar presiones internas al vacío de 1/2 a 2 Lbs. pulg. cuad. que pueden ser causadas por cambios en la temperatura atmosférica y en la presión afuera del edificio o por algún defecto en el sistema de ventilación, algunas unidades especiales se diseñan para mayores presiones al vacío. La presión interna en la capsula es mantenida a un ligero vacío para prevenir escapes del edificio.

Aunque se tomen todas las precauciones en el diseño para protección del personal, el reactor debe ser probado para que las condiciones normales de operación no produzcan alrededor del reactor efectos perjudiciales. La oportunidad de que los productos de fisión puedan escapar de los elementos combustibles para producir daños radioactivos es muy pequeña.

Ya que el uso en estructuras de lámina de acero es caro por el grosor de las láminas se pueden usar valvulas de remoción de vacío usadas para reducirlos a los esfuerzos requeridos. En tal caso no obstante, la estructura debe ser probada por un mínimo de 2 pulg. de agua, y provista de controles en los abanicos removedores para luego no excederse en las limitaciones de diseño.

El recubrimiento es capaz de resistir los rayos gamma y su radiación hasta una variación protegida por las regulaciones del AEC. Las formular de calculo para las paredes del reactor están disponibles pero generalmente este trabajo es hecho por físicos - En general cuando se diseña una-

.....

estructura de pared a prueba para camara de la radiación - - directa debido a los productos de fisión que invadirían el edificio del reactor durante un incidente nuclear, esto podría ser diseñado para un mínimo de permeabilidad para evitar la contaminación. Esto requiere todos los brechas o fisuras en las paredes (conductos, ductos, etc.) que esten en una forma de laberinto para eliminar la radiación por penetración y sellar contra las filtraciones de aire. Basado en B. S. ensayo de Hornibrook Freiburger, y Lwing, la permeabilidad de aire por día para una pared de concreto estructural de 24 pulg. de espesor sujeta a una presión diferencial de 2 lb. pulg. cuad. podrá variar entre .065 y .39 pies cúbicos por pie cuadrado de pared.

La forma más económica para soportar las presiones del vacío en una esfera: siguiendole en costo un cilindro con domo hemisférico. No obstante las condiciones de situación y las necesidades especiales dictaminarán el tipo de estructura por pie cubico de espacio más que el costo. En general la sección cilíndrica se prefiere para presiones de 15 lbs. pie cub. o menos y las unidades esfericas para presiones mayores.

En ambos tipos las secciones del fondo están soportadas por columnas de acero colocadas a lo largo de la periferia y a su vez soportados en zapatas individuales. Una excavación de aproximadamente cuatro pies (1.22 M) bajo del fondo de la camara permite una total inspección, pruebas de filtraciones y reparaciones de la estructura. Un agujero en el fondo de la camara y los lados abiertos de la excavación se usan para llenar el espacio del subsuelo de concreto y así pasar la carga al suelo después de las reparaciones y ensayos.

En los lugares en los cuales no hacen falta ajustes de presión la forma rectangular o cuadrada resulta más económica y talvez ofrece más ventajas económicas. El espesor de las paredes de concreto se limitará a los requerimientos estructurales.

Las paredes de la camara de aire deben ser diseñadas estructuralmente para proporcionar una seguridad adecuada aun cuando la puerta esté abierta. Las valvulas de la camara de aire deben ser capaces de balancear la presión lo más

rápido posible sin causar perjuicio al personal laborante. - Las puertas deben ser suficientemente fuertes para resistir las diferencias de presión y equipadas con buenos empaques para prevenir los escapes de aire.

Es difícil y costoso el colocar cámaras de aire. Una cámara de aire personal cuesta aproximadamente \$25.000. Una cámara de aire para camiones cuesta más o menos 3 veces más cuando mucho. Mientras no haya códigos especiales para el desarrollo de este tipo de instalaciones estructuralmente. La mayoría de los casos están resueltos con dos cámaras personales, las que serán colocadas con un máximo de seguridad y conveniencia.- El paso del cuarto de control permitirá lo más directo que se pueda a la cámara de aire. Un monómetro puede acondicionarse a través de la pared. Esta puede ser protegida con plomo o con ladrillos de concreto pesado, en adición a las puertas debidamente empacadas.

MECANICA

El calor generado en el reactor debe ser removido a través de expulsores de calor y agua fría circulante.- Los materiales sólidos o disueltos en el agua se vuelven activos a manera que el agua circula a través del reactor.- Este proceso puede ocasionar problemas de recubrimiento particularmente en el caso de los reactores de pila. El enfriamiento es generalmente ejecutado por dos circuitos cerrados.

El circuito primario debe tener agua desmineralizada. Algunos reactores usan agua pesada, lo que tiene ventajas desde el punto de vista nuclear, pero resulta más costoso. Si se usan tanques separados para almacenamiento y drenaje, deben proveerse de dispositivos para controlar y recoger el goteo en las válvulas y controladores de escapes para evitar las posibilidades de desperdicio en los lugares adecuados. Todas las cañerías usadas para la circulación del agua pesada debe ser cuidadosamente revisada y ensayada por medio de rayos X.

Las estructuras de concreto que requieren contaminación pueden tener paredes de 2 o más pies de espesor que podrán ser diseñadas para soportar todas las presiones. La AEC. Safeguards Committee que aprueba contaminación en las estructuras sin platinas de acero en el liniamiento le ---

.....

areas urbanas para potencias mayores a un megawatt y en areas suburbanas para potencias un poco mayores.- Para la caseta - del Reactor Nuclear del Instituto Tecnologico de Massachusett, donde el fondo del concreto agregado fue de menor de 16 grados y la prueba de agua de suelo acuso un sello contras las-filtraciones de aire, la placa de acero se omitio en el underneath

El uso de camaras selladas, no obstante, introduce varios problemas estructurales para los que hay disponibles algunos datos. La camara de acero es usada nada mas de un lado de la forma de las paredes de concreto poured..... pero a medida que el concreto sets-----, rescuebrajaduras -- distorsionaran la camara a menos que se haya tomado en cuenta las posibilidades. Para el reactor MIT donde se requerían más anillos se usaron de los de la cuenta fueran taco-soldados a la plancha de acero. Este procedimiento y la inserción del Aislamiento entre la concha de acero y el concreto-provienen la distrosión de la concha. La concha es diseñada-para prevenir las filtraciones de gas a travez de grietas -- que puedan desarrollarse en el concreto. Esto puede o no --- acarrear cargas estructurales.

La localización del reactor con respecto a la vecindad-circundante, dirección de los vientos predominantes y otros- aspectos de clima determinan el diseño del techa. Claramente la radiación que pasa a travez de una construcción de techo relativamente ligero no debe golpear una estructura inhabitada. Por otra parte las paredes de parapeto o techos cerrados afectarán las condiciones de vestimenta - Mientras el peso total del acero requerido para un contenedor para maniobrar - una fuente dada no sea afectado por su volumen debe existir un balance estructural, arquitectonico y de ventilación del sistema requerido. En los casos en los cuales la radiación-creciente no es un problema los domos de acero se pueden -- usar por ser más baratos. Esto, no obstante debe ser protegido contra un levantamiento razón por la que debe anclado-a la base o a las paredes protectoras.

El ensayo cuidadoso y completo de las lineas de cañería bombas y exaustores de aire después de la fabricación b la - instalación debe ser importante para el circuito primario. El circuito secundario cuando se una más de una vez no es - crítico.

El sistema de ductos que pasa al travez de las paredes de protecci3n radio-activa, presenta problemas que requieren coordinaci3n con el dise1o estructural para obtener el ancho propio de las paredes.- Cuando el dise1o no permite, el acondicionamiento e instalaci3n de los ductos porque la protecci3n no es adecuada debe usarse recubrimiento de plomo. Las superficies expuestas, para su prevenci3n polvo deben ser terminada lo m1s rapido posible.

Los desechos de gas, contaminado, valvulas de seguridad y diluci3n de secadores de gases se efectúan bajo la forma ordinaria del aire acondicionado y ventilaci3n.

El aire que penetra debe pasar al travez de un banco-filtro con un porcentaje de eficiencia abajo de un 85% a una partícula de ta1a1o de 5 micrones.-

El aire que sale debe ser filtrado a un alto grado -- como el anterior pasando por un banco filtro b despu3s a un segundo banco filtro de m1s del 99% hacia una partícula de tama1o de un micr3n. Esto es para evitar la salida del polvo contaminado.

Debe usarse una chimenea esta sujeto a problemas especiales cuando el reactor se acomodo a lugares fríos.- Puesto que no le llega mucho calor a la chimenea para los calentamientos, y el rededor de la pared de la chimenea ser1 de ~~al~~ naturaleza que prevenirá el enfriamiento y la precipitaci3n de la mezcla.- Deben de colocarse dispositivos especiales en la punta de la chimenea en el monitor de descarga con se1ales de cuidado en el tablero de control.

El monitor debe ser colocado a niveles suficientemente bajos como para que suenen las alarmas con suficiente anterioridad al tiempo en que una dosis sería de radiaci3n pueda contaminar la atmosfera.-

La chimenea debe de construirse mucho mas alta que las dem1s chimeneas y edificios circundantes para que descargue libremente. Su localizaci3n y dise1o se har1 de acuerdo a los vientos prevalecientes y a la temperatura. Puesto que es muy dificil construir una chimenea de menos de 2' 6" de diametro interno, es permisible usar esa como una minima dimensi3n y ampliar la anchura de las paredes interiormente para obtener la velocidad necesaria del aire. (Cordell de inside).

El sistema de plomería debe ser diseñado para prevenir la contaminación de la radio actividad por sus desperdicios al ser descargada el agua de la ciudad y a las cloacas. Esto se efectúa proveyendose de tanques a los cuales se bombean estos desperdicios.- En estos tanques los desperdicios se prueban a intervalos y hasta que estan inofensivos se sueltan a las cloacas.- Si los desperdicios son mayores que los limites de seguridad estos serán tratados y diluídos antes de ser descargados a las alcantarillas. En el caso de que los tratamiento no sean suficientes los desgastes son removidos de los tanques, concentrados y vertidos en areas de seguridad.- Debe de precaverse la instalación de suficientes celdas de agua para mantener una presión constante interna para la cual fué diseñada la misma. (una variación, libras por pulgada cuadrada, en presión requiere 2.31 pies de agua trampas de funcionamiento de flotador mecanico se deben colocar donde la presión exceda a pocas pulgadas de agua.- Los monitores de radiación deben ser colocados en el ducto de escape encima o antes de la valvula de escape, de tal manera que si el aire que sale se vuelve ligeramente radio-activo los controles cerraran las valvulas de salida y de abastecimiento. Una camara de control de suficiente volumen debe acomodarse entre el monitor de radiación y la valvula de salida de tal manera que esta valvula cierre antes de que cualquiera rebalse de aire contaminado alcance la valvula.

CONSIDERACIONES BASICAS DE INGENIERIA - (Continúa)

Cuando los valores (asumiendo la base fija) se aplican a los valores obtenidos asumiendo la pared fija al piso del reactor (en cada caso el lado opuesto de la pared se asume libre), el acero vertical requerido para el momento inducido, a traves del uso de las tablas PCA, estan en el lado de la seguridad, excepto para el limite de paredes de 40" de espesor.

El momento debido a la presión horizontal uniforme, no tiene un gran factor, con las paredes fijas arriba b abajo, necesitando nada más una pequeña cantidad de acero.- El metodo PCA. no obstante muestra un requerimiento substancial- muy libre a medida que llega al final. La cantidad que lo sobre pasa alcanza la mitad de la causada por el momento --

.....

del inducido y de signo contrario.- La tensión de los anillos debido al momento del inducido y la carga uniforme son considerablemente menores cuando las paredes se consideran fijas por ambos extremos.

De nuevo refiriendose al proyecto MIT, la carga en el piso del reactor se varia de acuerdo con las columnas terminas, ladrillo de plomo, de concreto pesado particiones y algunas otras cargas de tal forma que debe usarse un sistema de claculo más corto para pisos circulares de sistema radial con el soporte central. Se puede hacer una comparación con los resultados obtenidos por el uso de la equación 58 de -- Timoshenko en su teoría de los platos y cáscaras y un diseño asumiendo el piso de forma trapezoidal de 1' - 0" de ancho en su soporte interno y sus lados no paralelos siendo - radios. En este último caso, los trapezoides fueron divididos, más tarde, en rectanquillos de 1'-0" de ancho, fijos en ambas extremos, y triangulos fijos en la base con momentos iguales al promedio obtenido considerando el vertice fijo y libremente apoyado. El metodo del trapezoide da solamente - momentos positivos ligeramente mayores e igualmente momen-- tos negativos no obstante, la cantidad de acero usado en lu gares particulares se determinará en un alto grado por el - acero solicitado en otras areas, para obtener un bien unifor mado patron de diseño de espaciamiento de acero en su tota lidad.

El peso del reactor será generalmente suficiente para proporcionar un soporte central para la fundación hacia a-- rriba b para las cargas del piso. Puesto que la carga total en la base raras veces excede de 3000 lb/fn2 haciendo paso-- permisible para el peso de la excavación, el incremento ne-- to de la presión del suelo puede ser soportada por un suelo relativamente poroso por medio del uso de una nata o funda-- ción flotante. La fundación puede ser estabilizada por ce-- mento o endurecida por un relleno de grava compacta. En ta-- les casos, as conecciones que unen la estructura, que tenga, funcionarán para prevenir los asentamientos desiguales.

Cuando se usan domos de concreto se separarán de las - paredes para reducir el costo y simplificar el diseño. Debe hacerse un cómputo para analizar si el peso del techo es ma yor que la presión hacia arriba de diseño. De lo contrario--

.....

No hay código especial que se haya adoptado para el diseño de la casa nuclear.

Es practica corriente usar los esfuerzos del concreto ordinario con una amplitud permisible para prevenir las rajaduras. Para el acero especificaciones de la American Petroleum Institute, American Society of Testing Material y la American Institute of Steel Construction sirven de patron hasta el presente.

El cuarto de control debe ser diseñado y localizado de manera de que el personal operante goce de seguridad y comodidad.

No es necesario, ni es posible obtener una visión total de toda la localización del equipo en su totalidad. No obstante el operador ayudado por dos o tres camaras de televisión, a control remoto puede obtener de los instrumentos -- toda la información requerida.

El cuarto de los operadores y otros equipos factibles de ser contaminados deben ser protegidos o sellados para el enfriamiento primario. El cuarto de control deberá estar bien iluminado y ventilado con aire directo de afuera, digamos de 6 a 8 cambios por hora y deben ser agradable para el personal laborante. Los Decibeles razonables no excederán de 70.

Las estructuras circulares permiten a su vez el uso de montacargas rotativos. Mientras este tipo de estructuras es caro, permite menos altura en el edificio y una accesibilidad completa, lo que no sucede en los de carril paralelo. - El espacio para el funcionamiento del montecargas debe ser cuidadosamente estudiado especialmente para los de tipo de carriles paralelos. Los montecargas deben ser de baja velocidad. Es necesario tener una grua auxiliar con la grua principal diseñada para soportar el manejo de la carga pesada, sin olvidar el peso del casco blindado usado para remover o reemplazar los elementos combustibles.

Por consiguiente para mantener una presión diferencial entre la parte externa e interna de la estructura que contiene el equipo y permitir el ingreso y egreso del personal y equipo, las salidas deben ser del tipo de camara de aire. Las dimensiones de las puertas y las camaras de aire deben ser suficientes para acomodar a un camión de volteo de tamaño

.....

para servicio del equipo instalado. Las puertas deben ser - del tipo de funcionamiento mecanico pero también debe pre-- veerse que puedan funcionar a mano por medio de manivelas - de presión o manejando hacia abajo, caso que falle el equi- po mecanico. Las puertas de Camiones para manejo de equipo- pesado, tales como los aditamentos para manejar los combus- tibles, deberán, por su peso ser operadas mecanicamente.

Para protección, ellas pueden ser enladrilladas con - plomo o con ladrillos de concreto pesado. Si la puerta se- usa con alguna frecuencia debe instalarse una camara de -- aire.

A MIS PADRES, A MI ESPOSA E HIJOS.

I N D I C E

- 1 - BREVE RESEÑA HISTORICA DE LOS INVESTIGADORES DEL ATOMO DESDE LA ANTIGUEDAD HASTA NUESTROS DIAS.
- 2 - ATOMOS - SU COMPOSICION
- 3 - ISOTOPOS
- 4 - ESPECULACIONES EN EL CAMPO DE LAS REALIZACIONES HUMANAS, MEDICINA, AGRICULTURA, GANADERIA, INDUSTRIA, ETC.
- 5 - ALGUNOS DATOS ACERCA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS NUCLEARES.
- 6 - FASES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS EDIFICIOS PARA REACTORES NUCLEARES.
- 7 - DATOS QUE DEBERA TOMAR EN CUENTA EL ARQUITECTO - EN EL DISEÑO DE ESTA CLASE DE EDIFICIOS.
- 8 - CONSIDERACIONES BASICAS DE INGENIERIA.

La Asociación de Cemento Portland publicó su Boletín 97-57, en el cual se dan coeficientes para esfuerzos en paredes circulares rígidas en la base solamente. Mientras el valor de ν para la razón de Poisson es dada como 0.8 el valor correcto de 0.2 se usó en los cálculos de ese Boletín. Para comparar los valores para los momentos, M, por pie de ancho y tensión anular T, por pie de altura obtenida usando ese método, y los valores obtenidos usando la Ecuación 229 y 231 de Timoshenko - Teoría de los Platos y Conchas - directamente los resultados son tabulados tabla I -

COEFICIENTES PARA M Y T

| PUNTO | 0.0H | .1H | .2H | .3H | .4H | .5H | .6H | .7H | .8H | .9H | 1.0H | |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| COEF A | a | 0.0 | -.0004 | -.0018 | -.0025 | -.0048 | -.0242 | -.0451 | -.0708 | -.1280 | -.1483 | -.2440 |
| | b | -.0749 | -.0330 | -.002 | .020 | .0337 | .0367 | .0337 | .020 | -.002 | -.0330 | -.0749 |
| COEF B | a | 0.0 | .010 | .042 | .094 | .168 | .262 | .385 | .533 | .666 | .828 | 1.0 |
| | b | -.353 | -.266 | -.171 | -.071 | .037 | .156 | .290 | .442 | .614 | .801 | 1.0 |
| COEF C | a | 2.16 | 2.15 | 2.14 | 2.14 | 2.05 | 1.94 | 1.82 | 1.61 | 1.26 | .72 | 0.0 |
| | b | 0.0 | .098 | .354 | .727 | 1.134 | 1.513 | 1.791 | 1.879 | 1.424 | 1.097 | 0.0 |
| COEF D | a | .983 | .862 | .741 | .621 | .504 | .382 | .262 | .163 | .080 | .024 | 0.0 |
| | b | 0.0 | .021 | .063 | .110 | .138 | .149 | .138 | .110 | .063 | .021 | 0.0 |

para la pared abajo del piso del reactor en el MIT cámara del mismo. Los valores a son de PCA boletín y los valores de b son derivados de la fórmula de Timoshenko, los valores fueron obtenidos diferenciando la ecuación 231 e igualando a cero las deflexiones en sus puntos respectivos.

Asumamos: 0.0H es usada para indicar el punto superior de la pared (al piso del reactor) y 1.0H la base en propia fundación.

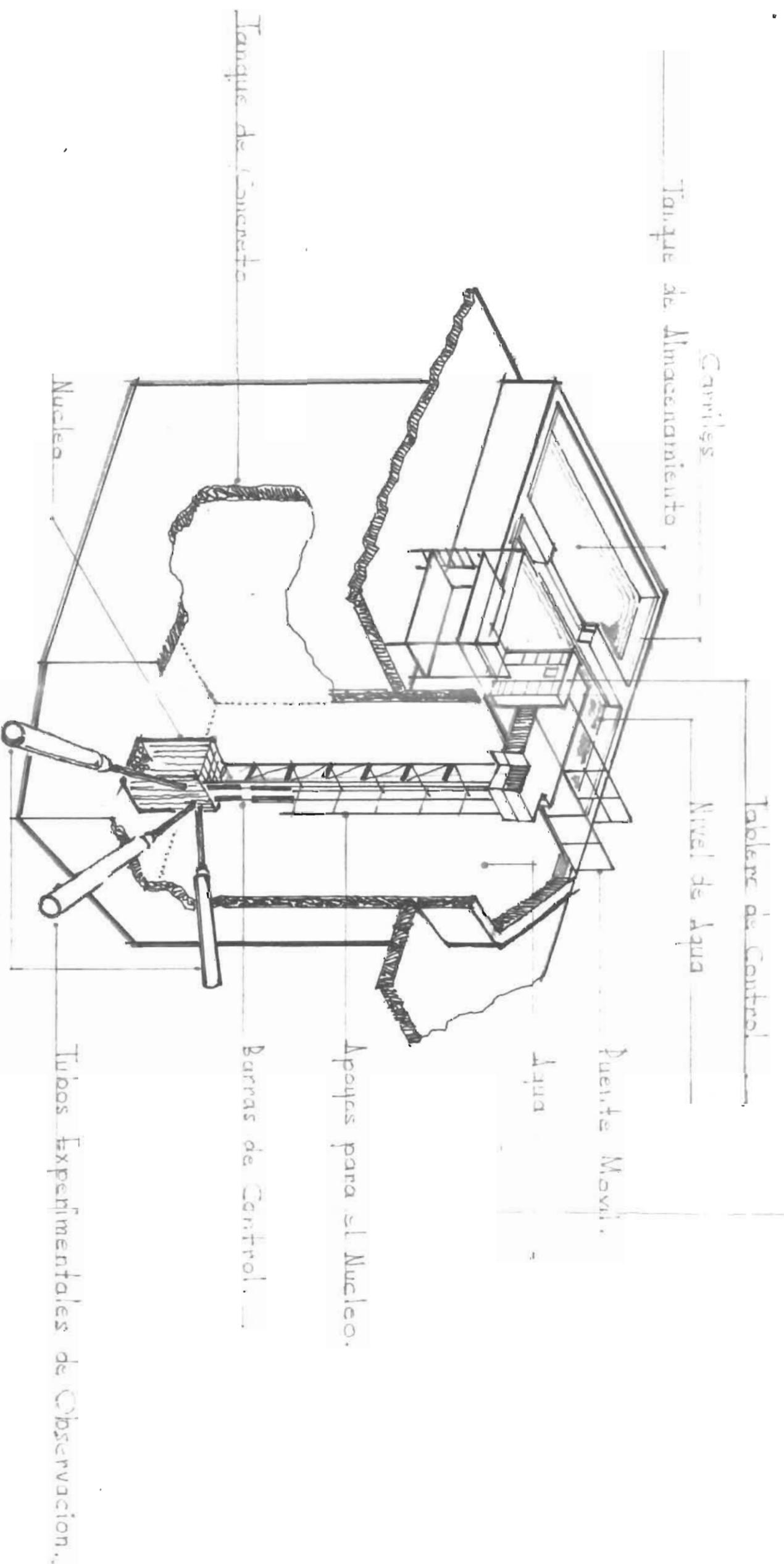
Los coeficientes tendrán que ser invertidos cuando se consideren los efectos de momentos inducidos en la cima. Los valores finales se obtienen agregando o sumando el efecto de los momentos inducidos - arriba y abajo.

Con P - presión horizontal uniforme
H - altura de pared
M_i - momento inducido.
R - radio de la estructura.

Tomando en cuenta solo los efectos de momentos inducidos, y la presión horizontal uniforme.

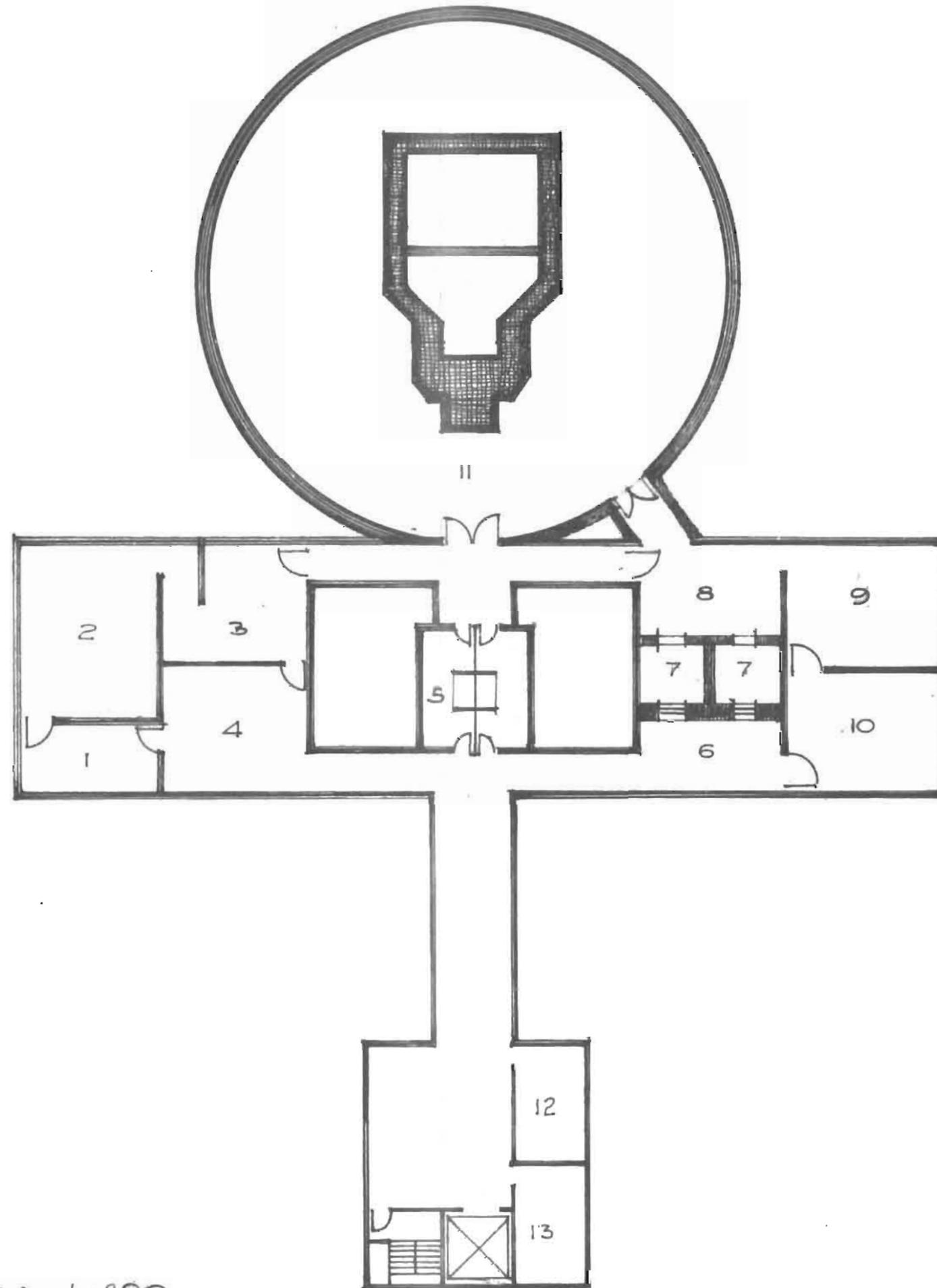
$$M = \text{Coef A} \times pR^2 + \text{Coef B} \times M_i$$

$$T = \text{Coef C} \times pR + \text{Coef D} \times \frac{M_i R}{H}$$

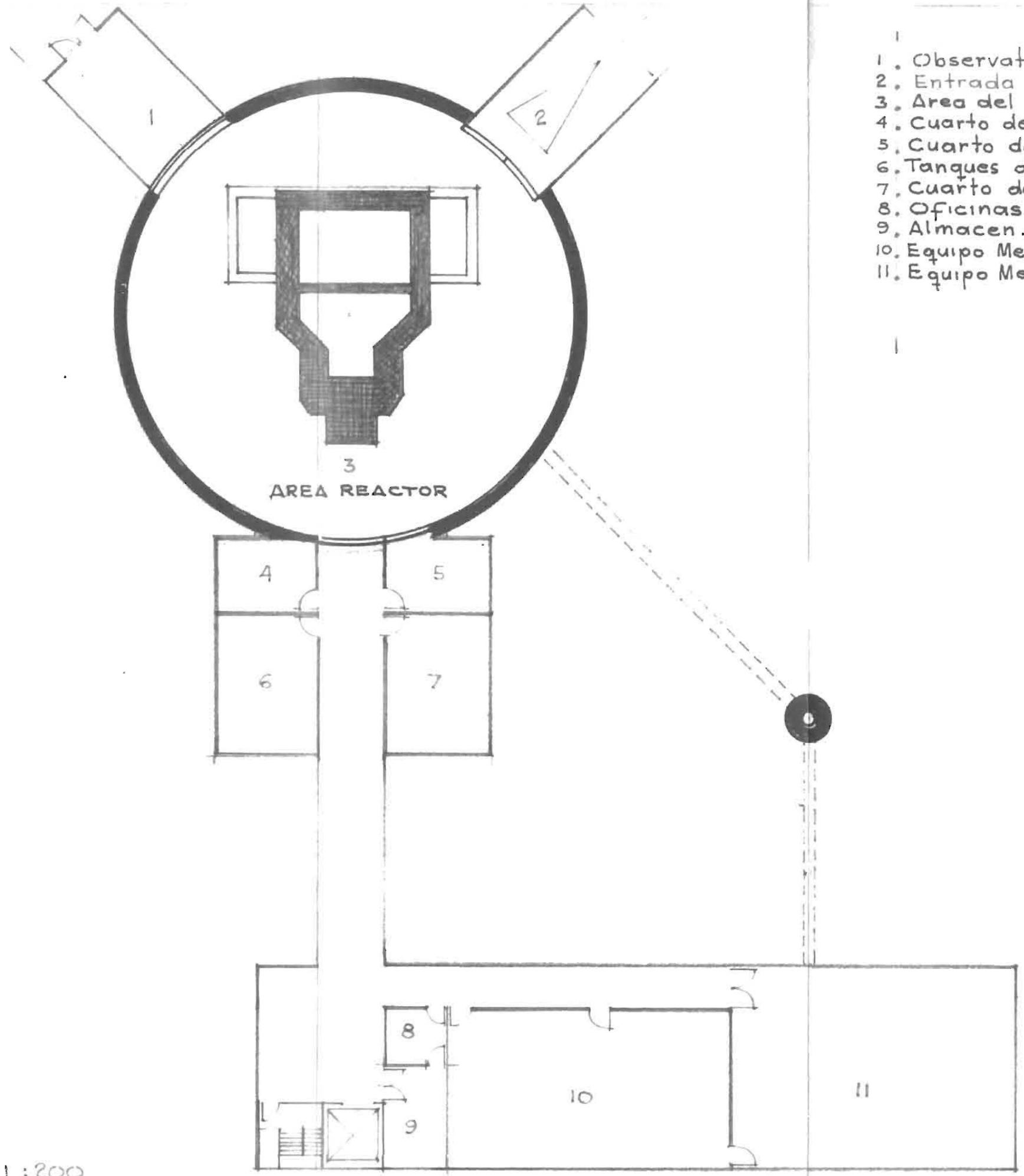


REACTOR DE FILA
 SECCION ISOMETRICA DEL TANQUE SIN ESCALA

1. Equipo electrico.
2. Acelerador de particulas.
3. Area de carga.
4. Control.
5. Cuarto de Cambio.
6. Control.
7. Celdas Calientes
8. Carga.
9. Proceso Desperdicios en caliente
10. Equipo de Descontaminacion.
11. Area del Reactor.
12. Utileria
13. Bodega

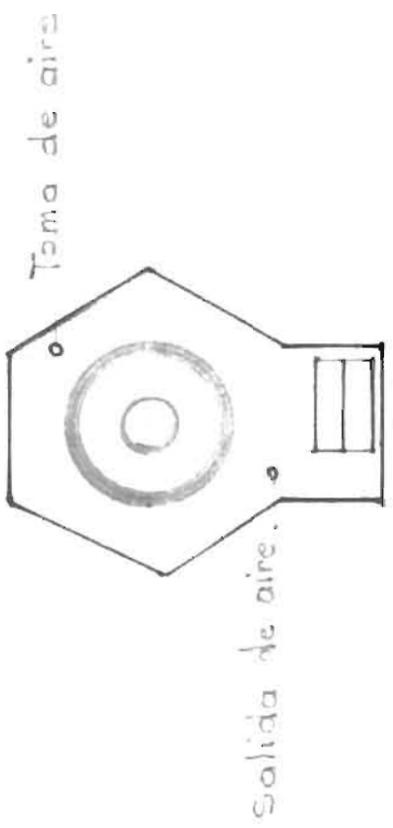


SUB SOTANO ESCALA 1:200

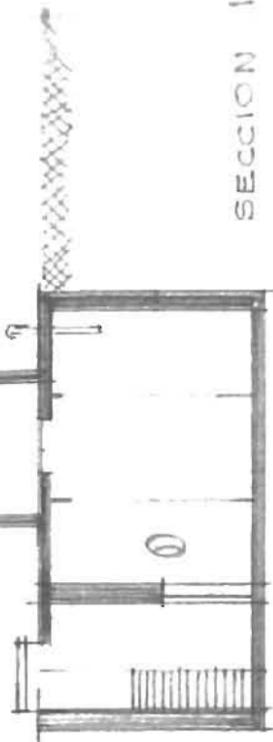
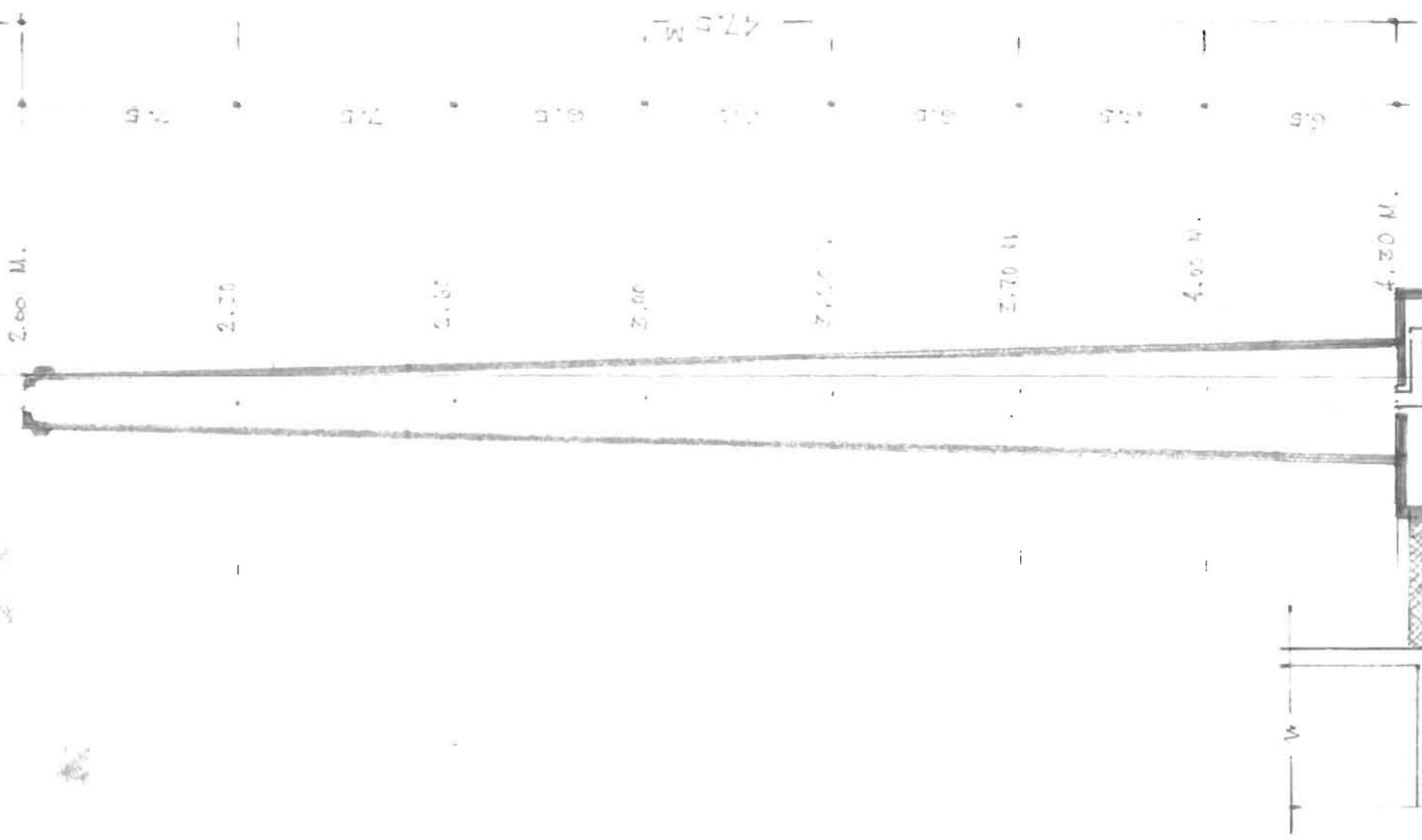
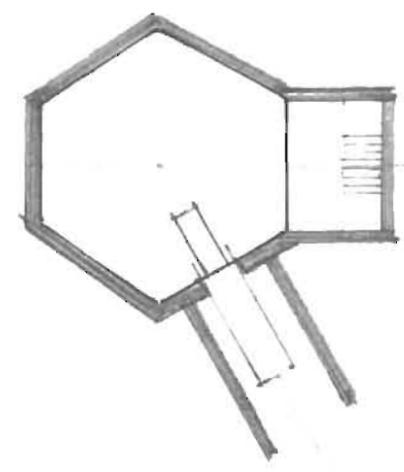


1. Observatorio
2. Entrada Camiones.
3. Area del Reactor.
4. Cuarto de Conteo
5. Cuarto de Control.
6. Tanques de Almacenaje
7. Cuarto de Bombas.
8. Oficinas.
9. Almacen.
10. Equipo Mecanico Especial.
11. Equipo Mecanico General.

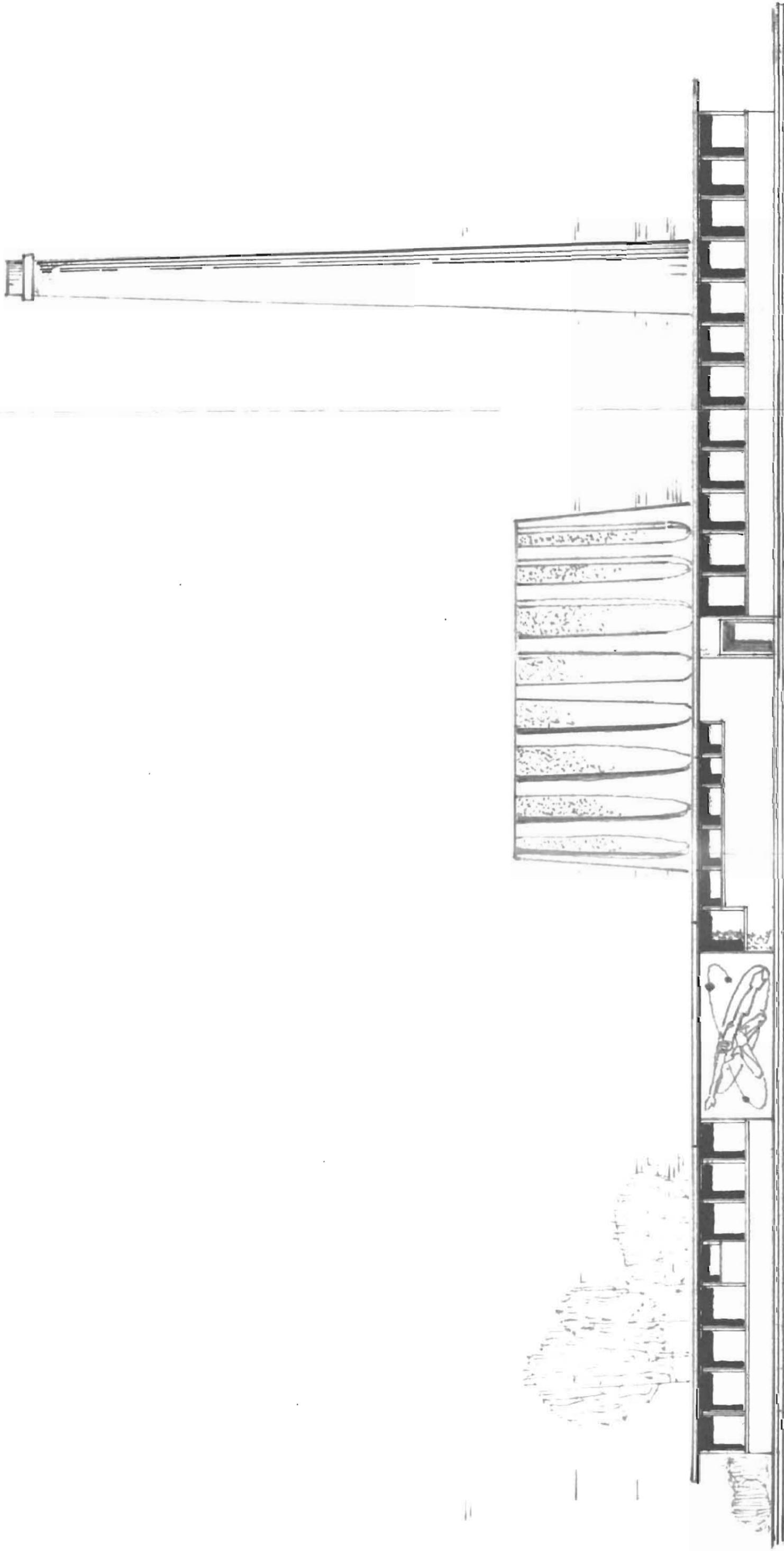
SOTANO ESCALA 1:200



PLANTA 4 NIVELES DE SUELO.



DETALLE DE LA CHIMENEA
ESCALA 1:200.



ELEVACION PRINCIPAL . ESCALA 1:100



BREVE RESEÑA HISTORICA DE LOS INVESTIGADORES
DEL ATOMO DESDE LA ANTIGUEDAD HASTA NUESTROS DIAS

Democrito- Grecia de 500 años A. C. Fué el que bautizó al átomo con su nombre. Lo definió como la parte de la materia, más pequeña, indivisible de la que está compuesto el Universo entero.

Lucrecio. Roma- 75 años A. C. visualizó el átomo como teniendo enganches que les permitía estar unidos como para formar la materia sólida. Los elementos como los fluidos y los gaseosos estarían compuestos de átomos teniendo superficies suaves y lisas.

John Dalton. Inglaterra 1808. Concluyó que los átomos de los elementos específicos como el hierro eran iguales en tamaño, forma y peso. Él estableció que las reacciones químicas no les causan ningún cambio pero sí influyen en el arreglo de las combinaciones de los elementos.

También dispuso que el átomo más simple como es el del hidrógeno serviría de base para establecer el peso atómico a los elementos. Así el hidrógeno tendría el valor de la unidad y el oxígeno que es 8 veces más pesado que el hidrógeno tendría el valor 8.

(Desde los experimentos de Dalton se encontró el peso del oxígeno de 16)

Ernesto Rutherford. Inglaterra- 1911 Esta intimamente ligado -- con el origen del moderno concepto del átomo.

Concibió que el átomo debería tener una masa muy concentrada en el centro formando un núcleo alrededor del cual girarían los electrones.

Niels Bohr. Inglaterra 1913. Dedujo a través de la investigación matemática, que los electrones giran en órbitas alrededor del núcleo del átomo.

James Chadwick. Inglaterra 1932.

Ambos Bohr y Chadwick trabajaron juntos en varias ocasiones en la tarea de investigación de la estructura del átomo.

Chadwick descubrió el neutrón el cual generalmente considerando actuando en agrupación con los protones formaba el núcleo del átomo.

El átomo es conocido por nosotros ahora debido al esfuerzo y dedicación de preclaros cerebros del mundo entero. Otto Hahn y Fritz Strassman - Alemania- 1939 y los físicos Lise Meitner y Otto Frisch descubrieron que cuando cierto núcleo de uranio --- (que más tarde se determinó ser el isótopo uranio 235, por cierto