4487

800.006
C.006
2004

CGM NUCLEAR S.A.

PROYECTO 202-3412

SISTEMA DE INSPECCION DE COLUMNAS DE DESTILACION UTILIZANDO RADIACION GAMMA

INFORME FINAL
1º de Marzo de 2004

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compite con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Código Proyecto	**202-3412**
Título Proyecto	**Sistema de inspección de columnas de destilación utilizando escáner de radiación gamma**
Empresa (s) Solicitante (s)	**CGM Nuclear S.A.**
R.U.T. Empresa	**96.757.080 - k**
Entidad Ejecutora	**CGM Nuclear S.A.**

Datos del o los Representante(s) Legal(es)

Nombre	María Cecilia Gil Valenzuela		
RUT	4.965.162-7		
Profesión	Químico, Licenciada en Química		
Estado Civil	Soltera		
Nacionalidad	Chilena		
Dirección	Los Guindos 6285, Peñalolen, Santiago		
Ciudad	Santiago		
Teléfono	56-2-2718970	**e-mail**	cgmnuc@entelchile.net
Fax	56-2-2719485		

2. SINTESIS DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN

El proyecto consiste en la implementación de un servicio de inspección de Columnas de destilación de petróleo, que pueda ser entregado al cliente en el momento en que sea requerido.

Su implementación pasó por varias etapas, entre las cuales destacan laboratorio, diseño y la etapa industrial.

La etapa de laboratorio consistió en una serie de pruebas destinadas a conocer el comportamiento de la radiación gamma con la materia, para poder así definir la fuente radiactiva que más se acerque a los requerimientos de este servicio.

La etapa de diseño, consistió en lograr un prototipo de equipo, con el cual poder realizar las pruebas en la etapa industrial.

La etapa industrial consistió en 8 pruebas, las que fueron realizadas durante el año de proyecto en Enap Refinerías Biobio (ex Petrox S.A.), ubicada en Talcahuano, octava región. Estas pruebas se realizaron con el fin de obtener mayor experiencia en lo que respecta a la interpretación de los resultados obtenidos a partir de una columna en funcionamiento, para poder entregar en un corto plazo, un servicio de calidad a las empresas que lo requieran.

En este momento, este servicio no se realiza en Chile, por lo que es importante contar con esta herramienta inspectiva en nuestro país.

3. PRINCIPALES RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De las 8 pruebas realizadas, se obtuvieron excelentes resultados de todas ellas, pero destacan:

Columna E-451: Se realizaron 2 estudios a esta columna, dado que con el primero se descubrió una coquificación de gran magnitud en uno de los empaques del equipo, por lo que se procedió a detener la planta para repararla. El segundo servicio se realizó para verificar el estado de la columna luego de su reparación, con lo que se corroboró su estado.

Columna E-51: Se descubrió un incipiente coquificación en uno de sus empaques, por lo que se tomaron medidas preventivas para que esto se minimizara.

Columna E-100B: En esta columna se corroboraron algunas sospechas de por que la columna no funcionaba correctamente. El escáner indicó que uno de los platos inferiores no se encontraba en su lugar, entre otras cosas.

Columna T-1401: Con el gamma Scanning se descubrió que esta columna presentaba problemas graves en su zona inferior, por lo que se decidió detener la planta en el corto plazo para su reparación. Luego de esto, se corroboró lo informado por CGM.

Columna E-702: se descubrió que esta columna presentaba bandejas dañadas en el fondo de la columna. Esto afectaría todo el sistema del equipo.

Este servicio, aparte de ayudar a solucionar problemas ya manifestados, es principalmente una herramienta de inspección preventiva, por lo que su principal aplicación es en la prevención de los problemas.

Es muy importante contar con una buena planificación, ya que suceden imprevistos en todo momento. Una fluida comunicación con el personal de la planta, además de un conocimiento del proceso, es esencial para elaborar un perfil de lo que ocurre dentro de uno de estos equipos.

El clima es una parte importante de la planificación, ya que el viento afecta la alineación de los equipos, por lo que se diseñaron sistemas que impiden este efecto.

B. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

- El problema a resolver que justificó la ejecución del proyecto tecnológico.

Las empresas que permiten producir energía, juegan un rol preponderante en el desarrollo de un país. En este ámbito, las petroquímicas, son una de las más importantes, dado que sus productos aportan la energía necesaria para el desarrollo de otras empresas.

En el sistema petrolero se pueden distinguir claramente dos etapas, por un lado la producción o extracción de petróleo y por otro la refinación, que mediante operaciones complejas permite la obtención de productos terminados. Por ejemplo, en las refinerías de petróleo, las Columnas de destilación son el corazón de la planta ya que permiten la separación de los distintos productos que contiene el crudo, y su correcto funcionamiento permite obtener productos dentro de las especificaciones requeridas y a más bajo costo.

De lo expuesto, se infiere que para las empresas que tienen en sus procesos productivos Columnas de destilación (especialmente las petroquímicas), es de mucha importancia contar con una herramienta de inspección que sea expedita, confiable, no invasiva y que pueda realizarse en condiciones normales de funcionamiento de la planta, con el propósito de corregir en forma rápida, cualquier falla detectada, tal como platos inundados o ruptura de los mismos para disminuir el tiempo de mantención programada, aumentando la disponibilidad del equipo, para mantener el sistema de producción en funcionamiento constantemente. Hoy en día, fallas dentro de la Columna son detectadas por perfiles de temperatura fuera de lo común y pérdidas de eficiencia global en el funcionamiento de la misma, más aún, la única inspección factible es la visual, lo que implica la apertura a ciegas de las columnas para encontrar primero el lugar de un mal funcionamiento y luego proceder a las reparaciones pertinentes, lo que implica perdida de producción, por lo tanto, de dinero.

Así, es probable que para estas empresas, sea más conveniente contratar servicios de inspección que proceder a la adquisición de equipos propios. Lo último se debe a que contar con el equipo requiere un gasto de inversión relevante, además de todo lo que involucra la mantención y operación del instrumento en términos de personal el cuál

requiere un entrenamiento especial, para una utilización relativamente baja en una planta en particular.

Al desarrollar este proyecto de innovación, como es el sistema de inspección con escáner gamma para columnas de destilación en Chile, para el mercado de las industrias petroquímicas, químicas y especialmente de refinación nacionales, se ha logrado diseñar un sistema de Gamma Scanning, y ahora es posible contar con una herramienta de inspección y diagnóstico de fallas operacionales por estructura de la columnas, de una forma rápida, confiable, no invasiva y que se puede realizar sin interferir con el normal proceso de la planta, y por lo tanto, con el consecuente ahorro de tiempo y dinero.

- Objetivos técnicos del proyecto y los resultados o soluciones específicas perseguidas

Los Objetivos del proyecto se dividen en dos partes, las cuales están descritas en el proyecto original, que aquí se citan:

a) Objetivos generales del proyecto y resultados esperados.

El objetivo del proyecto fue desarrollar e implementar en Chile un sistema de diagnóstico de columnas para la industria petroquímica chilena, con escáner de radiación gamma.

Como resultado del proyecto se diseño un sistema de inspección de torres de destilación utilizando un equipo de radiación gamma que consta de detectores de radiación, contadores y un sistema de movimiento sincronizado diseñado durante el proyecto. El sistema entrega la siguiente información:

a) Un perfil de densidad en el interior de la torre de destilación que permite distinguir altura de líquidos.

b) Datos para la determinación del o los lugares de daño estructural, en el interior de la torre, que ocasionan mal funcionamiento o disminución del rendimiento o eficiencia.

c) Datos para la determinación del problema mecánico / operacional que está ocasionando el mal funcionamiento y consecuente disminución de la eficiencia.

El perfil de densidad que se ha obtenido con el escáner gamma, junto con el perfil de presión y temperatura, y datos de la pureza de los productos de la torre, han contribuido a la constituyeron la información necesaria para diagnosticar la eficiencia y funcionamiento de la torre.

Beneficios para los usuarios del servicio:

a) Contar con un servicio de escáner para cualquier torre de destilación en un momento particular específico.

b) Detectar cualquier funcionamiento defectuoso y la causa del mismo durante la operación.

c) Minimizar tiempos de reparación y mejorar la disponibilidad de la torre.

d) Aumentar la vida útil de la torre y su rendimiento.

e) Disponer de una herramienta inspectiva para torres de destilación con la planta funcionando.

f) Programar con mayor eficiencia las mantenciones.

El éxito del proyecto permite contar con un sistema ágil de inspección de columnas de destilación, para la industria de la refinería del petróleo, petroquímica, etc., pensando también en la posibilidad cierta de abrir nuevos mercados en un futuro próximo.

b) Objetivos Específicos

Conocer más acerca del comportamiento real en el interior de una columna de contacto gas - líquido (como las operaciones de destilación y absorción) y establecer patrones de diagnóstico para el sistema de inspección, son los motivos del desarrollo

propuesto para contar con un sistema que se traduzca en un servicio basado técnicamente en la interacción de la radiación gamma con la materia. El proyecto ha seguido y logrado los siguientes objetivos específicos:

a) Determinó un perfil de densidad en el interior de la columna de destilación que permite distinguir el funcionamiento actual de la columna.

b) Registra y analiza datos para la determinación del o los lugares de daño estructural, en el interior de la columna que ocasionan mal funcionamiento o disminución del rendimiento o eficiencia.

c) Registra y analiza datos para la determinación del problema mecánico / operacional que está ocasionando el mal funcionamiento y consecuente disminución de la eficiencia.

d) Diagnostica la eficiencia y funcionamiento de la Columna con el perfil de densidad que se obtiene con el escáner gamma complementando con datos de presión y temperatura, y de la pureza de los productos.

e) El personal de la empresa ha sido capacitado, sobre equipo armado de escáner gamma, obteniendo así la experiencia necesaria para establecer los distintos patrones de diagnóstico y ofrecer rutinariamente el servicio.

Es de suma importancia ofrecer un servicio eficaz, por lo tanto la sensibilidad empírica del diagnóstico del sistema se ha adquirido a través de una serie de pruebas de campo realizadas en Enap Refinerías Bio bio (ex Petrox S.A.), de tal manera que la experiencia ganada en estas pruebas ha permitido conocer el servicio de principio a fin, promoverlo a potenciales clientes, y por otro lado acreditar capacidad técnica y de ejecución de la empresa.

- El tipo de innovación desarrollada

En cuanto a la innovación misma, el término exitoso del proyecto ha permitido desarrollar un Sistema Gamma Scanning de Movimiento Sincronizado (que entraría en servicio productivo a partir de marzo de 2004), el que utiliza tecnología de última

generación, para asegurar la correcta adquisición de los datos en tiempo real, ubicando esta técnica en una posición preponderante en cuanto a herramientas de inspección se refiere. El proyecto tuvo una orientación bien definida, como es la aplicación de una tecnología no existente en el país para las industrias petroquímicas que poseen columnas de destilación en sus líneas de producción, obteniendo beneficios importantes al contar con una herramienta de diagnóstico que se aplica en operación y disminuye costos de mantención y reparación.

Por otro lado, CGM Nuclear S.A., cuenta hoy con una nueva línea de servicios, donde se han desarrollado una serie de aplicaciones basados en el mismo principio y tecnología, como el escáner a tuberías y la verificación de niveles por retrodispersión de neutrones (que ha sido ya aplicado en la misma refinería con excelentes resultados), además de la determinación de tiempos de residencia en reactores mediante trazadores radiactivos, tanto en la petroquímica como en la minería (en general en cualquier sistema de producción), determinación del comportamiento de Intercambiadores de calor, estado de Reactores, Ensayos para detección de fugas en grandes dispositivos, limpieza de cañerías enterradas (Poly pig), verificación de corto circuitos en sistemas de producción, etc. Como se puede apreciar, esto ha sido sólo el primer paso para una serie de servicios que prestarán una gran ayuda a las industrias productivas del país.

C. METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO

- Como se llevó a cabo la investigación tecnológica aplicada

- ***Métodos involucrados***

De acuerdo a investigaciones anteriores realizadas para el planteamiento de este proyecto de innovación, se ha estableció que no existía un equipo específico para esta aplicación, por lo que se montó uno basado en resultados anteriores realizados por el asesor principal del proyecto. Se utilizaron detectores de radiación, contadores, fuentes radiactivas, analizadores multicanal, cables y poleas. Así, en esta etapa estuvo presente parte del personal involucrado en el proyecto, para montar el prototipo de equipo necesario, que se utilizó para llevar a cabo las pruebas del sistema de diagnóstico.

Se establecieron patrones para la prevención de riesgo y de la seguridad del personal involucrado, tanto radiológica como industrial. Se realizaron pruebas a escala para evaluar el comportamiento de la radiación al interactuar con los materiales. Esto se llevó a cabo en las instalaciones de la Empresa CGM y parte en las instalaciones de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), institución que entregó el servicio de captación de datos.

- ***Diseño experimental***

El diseño de las pruebas realizadas, tanto de laboratorio como pilotos, se hicieron de acuerdo a las posibles condiciones con las que el sistema en cuestión se encontraría en terreno.

Era de suma importancia conocer de forma acabada el comportamiento que la radiación gamma tendría al entrar en contacto con los medios que se le interpondrían, por lo que las pruebas de laboratorio fueron dirigidas a este fin. Se trabajó con materiales de densidad similar a los que se encontrarían en una columna real, tales como agua y acero, simulando las condiciones de operación de una columna de destilación. Estos datos fueron de suma importancia al momento de elegir ls fuente radiactiva adecuada y su actividad, ya que también ésta decisión depende de la magnitud del sistema como de su geometría (se tomo la fuente radiactiva como puntual, ya que en proporción, esta era mínima con respecto al tamaño de la columna, es decir se evaluó como una fuente irradia de igual forma en todas direcciones).

El avance de las pruebas piloto del equipo diseñado, fueron en escalada, ya que luego de cada experiencia de campo, se iba mejorando este diseño, para hacer el trabajo más eficiente. Por ejemplo, luego de las primeras experiencias, un escáner completo a una columna de unos 40 m de altura, fue realizado en unas 3 horas; para las siguientes pruebas, este se hizo en unos 20 minutos. Así, se mejoraron los sistemas de sujeción, movimiento, medición, y todos los subsistemas involucrados.

Para diseñar las pruebas de campo, es decir, de terreno, era (es) necesario obtener datos importantes de construcción de la columna a ser estudiada, como son, planos mecánicos, historial de fallas y reparaciones, tiempo de servicio, flujo de alimentación y salida, etc., todo lo necesario para establecer la mejor geometría de instalación del

sistema de medición, además de una previa visita técnica, para conocer en terreno las condiciones de trabajo.

Así se realizaron las tareas asociadas a este punto:

Pruebas de laboratorio

Dentro de la puesta a punto, y mientras se avanzaba en el estudio básico, se realizaron a pequeña escala para conocer mejor el comportamiento de la radiación gamma al entrar en contacto con la materia. Esto permitió, en conjunto con el cálculo de la intensidad de la fuente, encontrar la fuente radiactiva que mejor se adecuaba a las necesidades del proyecto.

Dada la geometría del sistema, la emisión gamma necesaria fue baja, por lo que se realizaron estoa estudios con I-131, dado su bajo precio y fácil manejo.

Desarrollo experimental

EXPERIENCIA I(a), I(b) y II: Estudio del comportamiento de la radiación al interactuar con la materia.

El isótopo utilizado es el I-131. Para todas las experiencias de laboratorio, utilizó agua como medio interferente (ρ =1 gr./cc), simulando las condiciones de una torre en operación en sus niveles de líquido. Para la sección que corresponde a gas se utilizó aire (ρ=1.2x10^{-3} gr./cc).

Experiencia I (a): Realizado en el laboratorio

Para las experiencias I(a) y I(b) se utiliza un recipiente de acero de las siguientes características:

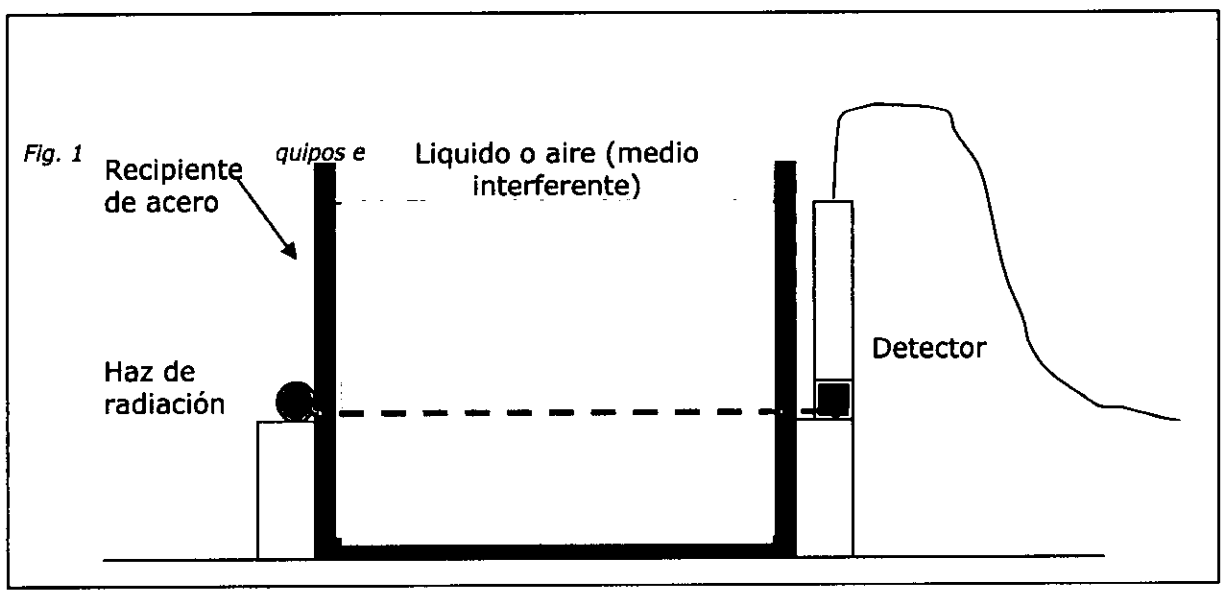
$\varnothing_i$ = 31,3 cm
$\varnothing_e$ = 33,3 cm
Espesor de pared (χ) =1,0 cm
Altura (h) = 35,0 cm

La electrónica utilizada para éste caso fue:

- Sonda detector, (eficiencia: 8%; Area detector: 22.8 cm^2)
- Escalímetro
- Integrador IPP-4,

Las lecturas son anotadas en un cuadernillo, las que se utilizan luego para analizar el comportamiento de la radiación (Para ver los equipos utilizados en ésta experiencia, ir a la sección "Descripción de Equipos").

Las mediciones se toman durante tres días con tres fuentes de diferentes actividades, 6.5, 10.7 y 22.5 mCi. Los equipos son instalados según el esquema:



Las lecturas se realizan en forma independiente, una a la vez, con una geometría estática, con un tiempo de adquisición de 10 a 100 segundos, dependiendo de la actividad de la fuente u otro factor que pudiera influir. El corte espectral para I-131 se hace en 200 KeV, lo que asegura una lectura con poco ruido de fondo.

Experiencia I (b): Realizado en exteriores del recinto

Se utiliza la misma disposición de la experiencia anterior, con la diferencia de que ésta se realiza en exteriores del recinto, a fin de evitar el scattering (dispersión) por las paredes del recinto con el objeto de obtener buenas lecturas.

EXPERIENCIA II: Realizado en un estanque, en exteriores del recinto

La siguiente experiencia se realiza utilizando un estanque de cemento cúbico que se encuentra en el exterior de los edificios, bajo el nivel del suelo. Las características del estanque son:

$\varnothing_i$ = 116,0 cm; $\varnothing_e$ = 116,5 cm; h = 150,0 cm

Se interponen aquí dos placas de acero de 1,0 cm cada una entre el detector y la fuente, a lados contrarios, con el fin de simular las condiciones de una torre en operación. El estanque se llena con agua para las mediciones de alta densidad. El espacio de aire entre la placa y el detector fue de 1,5 cm al igual que entre la placa y la fuente radiactiva. Recordar que se trata de I-131.

Las lecturas son tomadas en un intervalo de medición de 10 y 100 segundos, con lo cuál se evita el error estadístico, ya que mientras más mediciones se hacen, menor es la desviación estándar y por consiguiente, mayor la precisión.

La electrónica utilizada para éste caso fue:

- Sonda detector, (eficiencia: 8%; Area detector: 22.8 cm^2)
- Escalímetro y
- Integrador IPP-4,

La figura muestra la disposición de los equipos

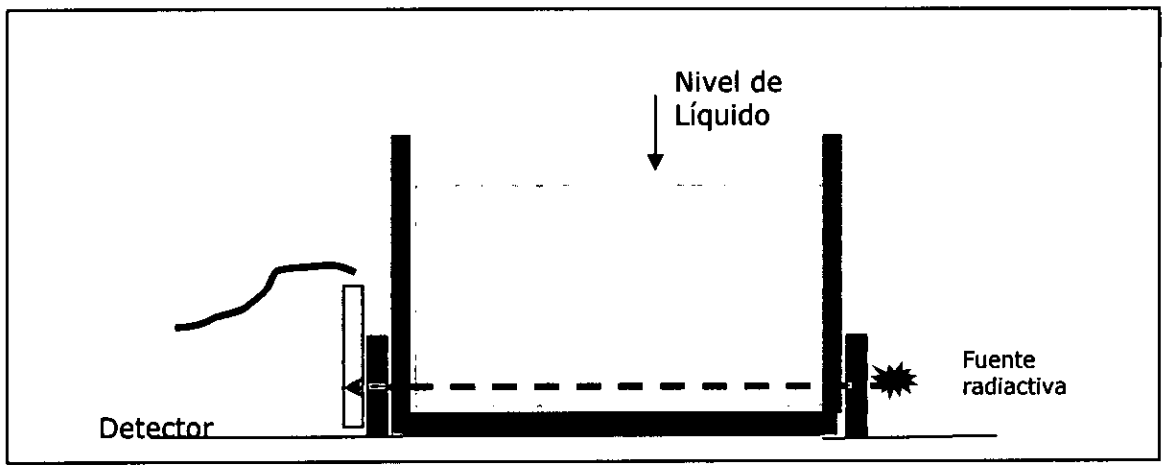


Fig. 2: Disposición de equipos en la Experiencia II

EXPERIENCIA III: Simulación de platos quebrados o caídos

Luego de los estudios realizados, una de las preguntas que surge es si será posible encontrar la posición exacta de los platos que eventualmente estuviesen quebrados o simplemente fuera de su lugar, es decir, si es posible con éste sistema poder reconocer dentro de una inundación la posición de los platos o poder establecer sin lugar a dudas de que estos se encontraran dañados o que no estén en su posición.

Para esclarecer esta duda surge la idea de utilizar el mismo estanque de la Experiencia II (según el esquema), con líquido hasta el tope simulando una inundación, e interponiendo entre la fuente y el detector – además del líquido – placas de acero de diferentes espesores, de poca diferencia entre estos, para verificar si pequeños cambios de densidad al interior del líquido entregan alguna evidencia gráfica.

Se observaron los cambios en un conteo de 10 segundos durante aproximadamente 20 minutos, con una gráfica tiempo v/s cps. La siguiente figura indica la geometría del sistema.

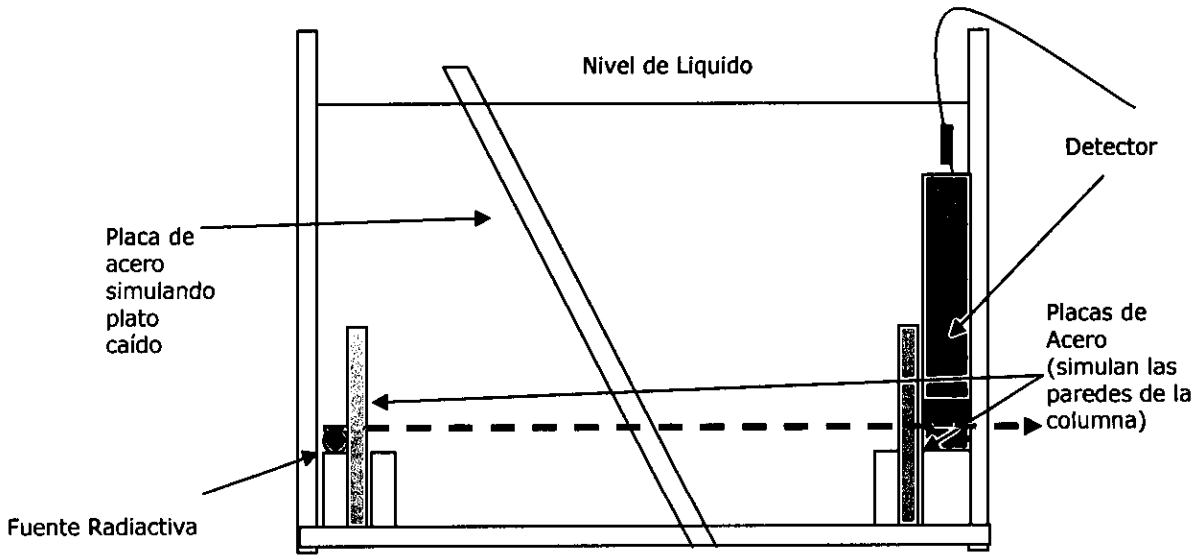


Fig. 3: Disposición de equipos Experiencia III. Las mediciones se realizaron con los instrumentos bajo el agua, evitando así el scattering.

Procedimiento:

Para ésta experiencia se interponen placas de acero de 4,35 mm, 5 mm, 10,96 mm y 15,5 mm. Para verificar los cambios que se verían al colocar estas placas (o sacándolas según fuera el caso):

Se inicia el conteo con una placa de 4,35 mm de espesor ya colocada,
Al cabo de unos minutos, se quita esta placa, leyendo solo en presencia de liquido,
Luego se coloca otra placa de 15,5 mm,
Se vuelve a colocar la placa de 4,35 mm,
Se quita la placa de 4,35 mm.

Para las siguientes pruebas de esta experiencia, solo se cambia el orden de colocación de las placas.

La electrónica utilizada fue:

- Sonda detector de centelleo
- Contador

- ***Modalidad de análisis de los resultados obtenidos (pruebas de campo o terreno)***

Uno de los objetivos de este proyecto fue establecer patrones de diagnóstico para al análisis de los perfiles de densidad (resultados) obtenidos. Así, se han establecido distintos patrones para las distintas curvas observadas, en función de los distintos problemas encontrados en cada una de las columnas estudiadas. Estos patrones se describen dentro del procedimiento de ejecución/aplicación del escáner con radiación gamma, en el ANEXO I.

Una vez realizado el escáner y obtenidos los datos, se procede a tratarlos matemáticamente (FFT) con un software adecuado, dado que la sensibilidad de los instrumentos utilizados entrega una lectura con ruido. Luego, se construye la curva asociada al escáner o barrido realizado y se procede a compararla con los patrones de diagnóstico, obteniendo así una interpretación clara de lo que esta ocurriendo (y sus posibles causas) dentro de la columna. Se obtiene un perfil como el siguiente:

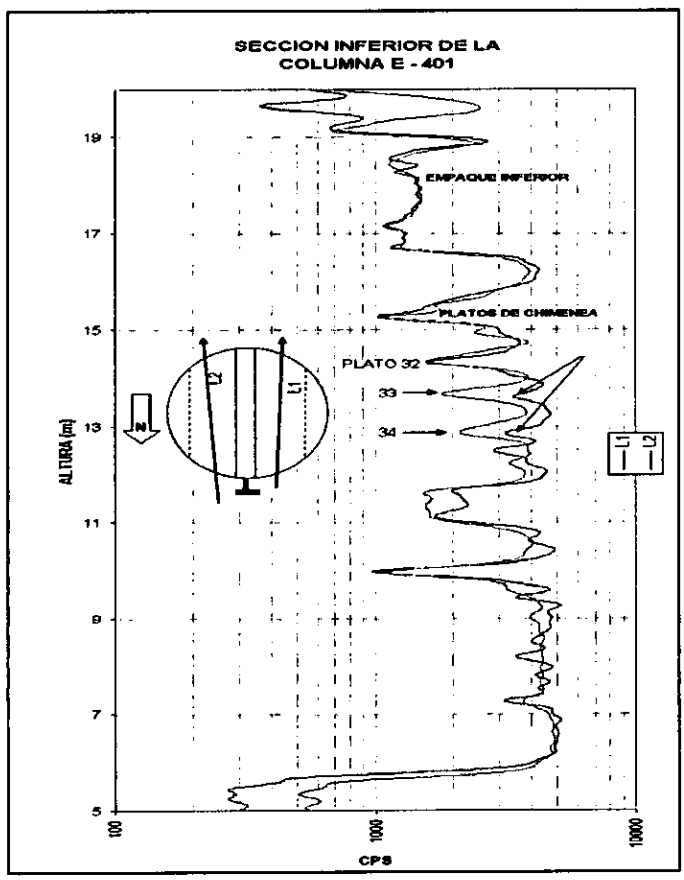


Fig. 4: perfil de densidades de una columna

- ***Fuentes de información consultadas***

Dado que para este tipo de servicio no existen métodos de estudio específicos, la información recopilada se ha extraído de distintos sitios de Internet, a través de nuestro asesor extranjero Sr. Pedro Cano Matus, la tesis de grado del Sr. Mauricio Vernal Luna, y algunos documentos extraídos de revistas de ingeniería.

Algunos sitios de interés en Internet:

- www.iaea.org
- www.tru-tec.com
- www.gammascan.com
- www.towerscan.com
- www.nuclearscanning.com
- www.synetix.com

- DESCRIPCION DE EQUIPOS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO Y CAMPO

1. Sonda detector de centelleo SGSR 54 IO

Descripción:

La sonda SGSR 54IO se presenta en la forma de un cilindro de Acero inoxidable o Aluminio, con un espesor en su extremo de 0.5 mm, y la conexión en el otro. El cable es conectado a la sonda a presión; un sistema de hilo permite su utilización a una presión de 10 bars. Este sistema permite separar la sonda del cable en cualquier momento, facilitando así el transporte y la mantención.

Fig. 2.8: Sonda detector de centelleo SGSR 54 IO utilizada en las mediciones

La detección es obtenida por un Centelleador, constituido por un cristal de NaI (Tl) 1.5" x 1" y un fotomultiplicador R 580 (HTV).

La electrónica está constituida por una alimentación de alta tensión y un Amplificador-Adaptador de impedancia. Funciona a partir de una tensión continua de 12 V.

2. Escalímetro ECS 1

Descripción:

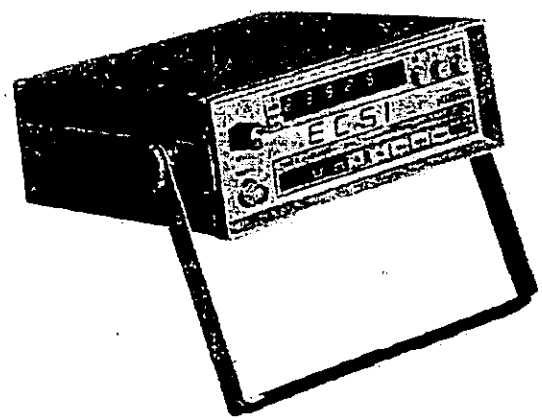


Fig. 2.9: Escalímetro ECS 1

El escalímetro simplificado ECS 1, registra todo evento periódico o aleatorio que se presente durante un intervalo de tiempo ya sea predeterminado o comandado manualmente.

Este guarda la información a medida que lee, de acuerdo al tiempo de adquisición que se ha predeterminado (1 a 1000 segundos). La lectura final indica el promedio de todos los datos registrados en ese período de tiempo, mientras la "ventana" se mantuvo abierta. El escalímetro permite asimismo efectuar conteos de impulsos eléctricos equivalentes, entregados por detectores de radiaciones, generadores, discriminadores, selectores de banda, etc.

3. Medidor de centelleo SPP2

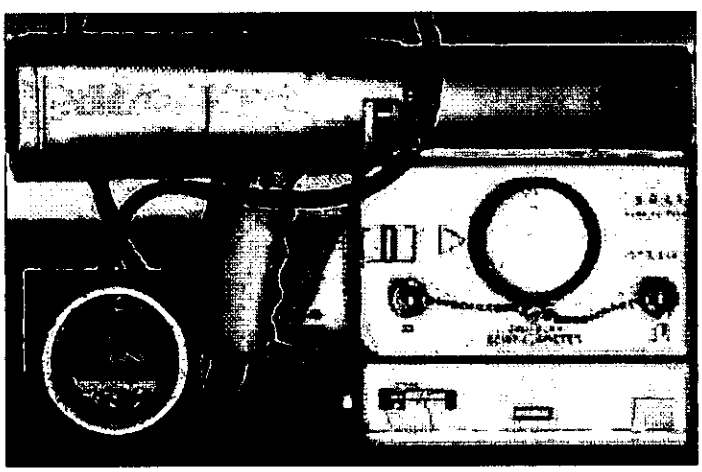


Fig. 2.10: Detector SPP 2 NF y su visor de conteo.

Descripción:

El SPP 2 NF es un Centellómetro portátil diseñado para detectar y medir la Radiación Gamma - en cuentas por segundo (cps) - proveniente de sustancias radiactivas. Posee una alarma de

sonido donde este varía en forma proporcional, de acuerdo a la intensidad de la radiación que exista en el lugar.

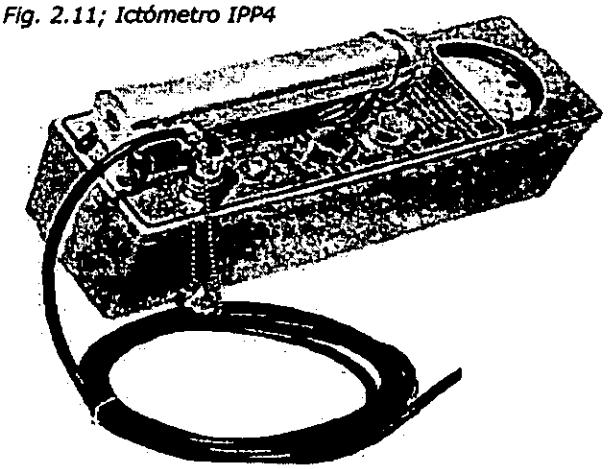
Básicamente, el SPP2 comprende un Centelleador (NaI.Tl) unido a un fotomultiplicador usado como detector, una caja de impedancia, un integrador electrónico de lectura directa, un transistor estabilizador de fuente de poder y un circuito generador de pulso para la alarma de sonido.

4. Ictómetro IPP4

Descripción:

Es un medidor de conteo a batería, procesa los pulsos de señal de los detectores como cuentas por segundo (cps). La cubierta está hecha de una aleación de aluminio. Sobre la cubierta se encuentran montados:

Fig. 2.11; Ictómetro IPP4

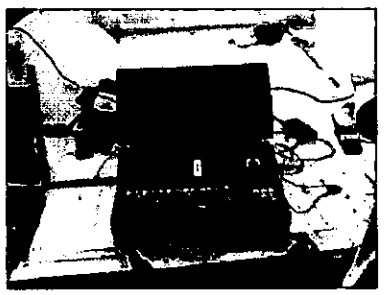


- Una combinación de asa/porta baterías
- Un visor indicador de cuentas por segundo (cps)
- El selector de modo y el de la escala de ocho pasos
- El discriminador de doce pasos
- El selector de tiempo de adquisición
- El conector de la sonda
- El conector de grabador y pulso
- El conmutador para la selección del espectro y calibración

5. Equipo de adquisición de datos nucleares Kontron

Descripción:

Fig. 2.12: Computador KONTRON



Este es un computador de la generación 486, tipo notebook, el que posee una tarjeta especial para el procesamiento de datos de tipo nuclear, con el software asociado. Este equipo se conecta a un rack multicanal asociado a una sonda detector, la

que va adquiriendo los datos necesarios, de acuerdo al tiempo de lectura entregado por el usuario.

6. Winche mecánico de operación manual
Descripción:

Construido básicamente de aluminio, esta máquina tiene adosados dos winches independientes, los que se van moviendo en forma manual y gradualmente según sea necesario para mantener fuente y detector a la misma altura y así obtener un movimiento sincronizado. Estos winches son capaces de soportar hasta 120 Kg. de peso, más que suficiente para la fuente y el detector. Fue construido especialmente para el ERG.

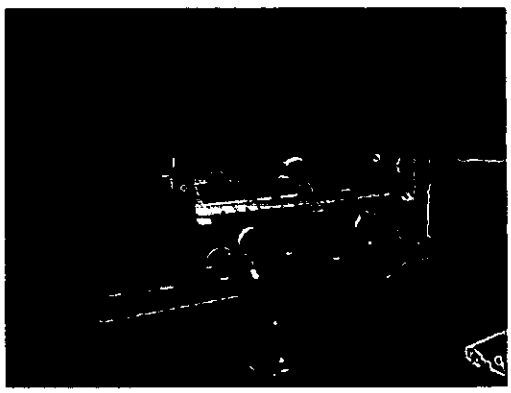


Fig. 2.13: Winche mecánico de operación manual

7. Equipo de detección de exposición portátil AUTOMESS®
Descripción:

Equipo de detección de radiaciones ionizantes especialmente diseñado para detección de Tasa de Exposición y seguridad radiológica. Consta de dos detectores Geiger Muller (GM) conectados en paralelo. Su uso previene las exposiciones innecesarias, permite establecer las zonas de control dentro de una zona de trabajo radiológica y controlar la exposición de los operadores en el mismo instante.

8. Sonda detector de centelleo
Descripción:

Sonda detector, de 1.2 m de longitud, para medición de radiación gamma y conductividad en aguas.

Fig. 2.14: Sonda gamma.

Detector gamma

9. Winche electromecánico EPCI-9511

Descripción:

El equipo se monta, por lo general, en un motorreductor y combina una interfaz de comunicación con la sonda, pantalla de profundidad y velocidad, y una interfaz de adquisición de datos para software DELogger (Windows95/98/00/NT) que se ejecuta en un PC. Un computador se conecta al EPCI-9511 por medio de un puerto serial estándar RS-232. Los mensajes se envían de ida y vuelta para especificar y recuperar información sobre la posición, inicio y suspensión de adquisición de datos, comunicación con la sonda, etc.

El EPCI-9511 recibe energía eléctrica (12Vdc a 16Vdc a 5OmA como máximo) de una batería móvil conectada al motorreductor, a través de un cable.

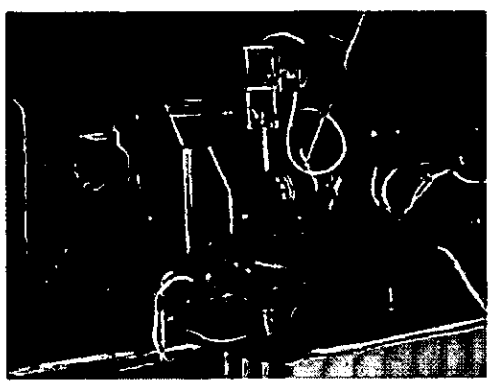


Fig. 2.15: Winche electromecánico

- Plan de trabajo ejecutado

Se adjunta carta Gantt del proyecto.

D. RESULTADOS OBTENIDOS

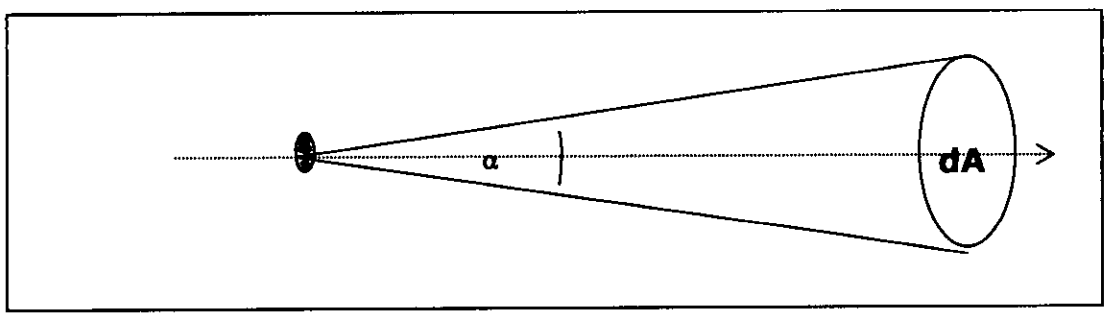
Los resultados se dividen en resultados teóricos, de laboratorio y de campo o terreno. Se muestran como sigue:

D.1 RESULTADOS TEORICOS

Los resultados aquí entregados, representan el estudio de la interacción de la radiación gamma con la materia en una forma esperada, no precisamente real, ya que el comportamiento de la radiación depende mucho de la geometría de los sistemas en estudio.

Estos datos representan un comportamiento ideal de la radiación, dado por una fuente puntual que irradia de igual forma en todas direcciones, en función de una diferencial de área, que es proporcional a la cantidad de radiación emitida por un isótopo en 360º.

Cabe recordar que la fórmula utilizada para la obtención de estos resultados, se comporta de forma muy cercana a la realidad con una haz fino, colimado y monoenergético de radiación, lo cuál es prácticamente imposible de encontrar con isótopos como los utilizados en éste proyecto, ya que sólo el I-131 presenta como mínimo 7 energías de emisión diferentes.



Area diferencial de irradiación finita

En las tablas siguientes, se encuentran los resultados teóricos para las experiencias I(a), I(b), y II. Recordemos que la fuente radiactiva se considera puntual por efecto de su tamaño con respecto a la construcción a la que se aplica.

Esta estimación se realizó utilizando la siguiente ecuación considerando el factor Build-up teórico. El isótopo utilizado es el I-131

EXPERIENCIA I (a) y (b): Comportamiento del la radiación con la materia (Laboratorio y exteriores)

NOTA: Estos resultados teóricos son tanto para la experiencia I(a) como para la I(b), ya que sólo se cambia el lugar de medición.

Tabla 1: Para lecturas a través del líquido

ACTIVIDAD	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	**1000.44**	**1646.91**	**3463.12**

Tabla 2: Para lecturas a traves del gas (aire)

ACTIVIDAD	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	20058.71	33019.73	69434.01

EXPERIENCIA II: Comportamiento de la radiación con la materia (Estanque)

Tabla 3: Lecturas con Líquido

ACTIVIDAD	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	**0.33 (+45 BG)**	**0.54 (+45 BG)**	**1.13 (+45 BG)**

Tabla 4: Lecturas con gas (aire)

ACTIVIDAD	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	**4295.6**	**70701.6**	**14869.26**

D.2 RESULTADOS EXPERIMENTALES

En función de los objetivos específicos planteados, se diseñaron estas experiencias que ayudan en la definición del proyecto en sí. Haciendo una escalada, tanto metodológica como tecnológica, utilizando diversos implementos y simulando las condiciones de operación de una columna, se puede encontrar un punto común entre los resultados obtenidos en laboratorio y los que se obtienen en la columna, para definir tanto la

fuente radiactiva principal (que se ocupará en la planta industrial) como la Metodología de Inspección para el Escáner con Radiación Gamma (ERG) (estudios en Petrox).

RESULTADOS EXPERIENCIA I (a): Dentro del laboratorio

Fecha: 17/03/2003

Tabla 5: Lecturas a través del líquido

Actividad (mCi)	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	**No se midió**	8496.0	17184.5
	No se midió	8570.5	17301.9
	No se midió	8524.9	17192.2
	No se midió	8556.9	17238.3
	No se midió	8568.0	17261.9
	No se midió	8540.6	17273.7
	No se midió	8519.7	17267.9
	No se midió	8566.7	17346.2
	No se midió	8570.1	17194.3
	No se midió	8534.3	17284.2

Tabla 6: Lecturas a través del gas (aire):

Actividad (mCi)	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	37202.2	58629.4	86526.5
	27542.3	58706.9	85982.3
	37495.4	58732.3	85327.5
	37466.5	58624.3	85118.3
	37596.4	58662.3	84938.0
	37393.4	58582.9	84356.7
	37407.9	58620.5	83505.1
	34640.9	58739.8	83134.7
	37386.7	58581.7	82812.5
	37559.2	58569.2	82883.2

RESULTADOS EXPERIENCIA I(b): Exteriores del recinto

Fecha: 20/03/2003 (3 días de decaimiento)

Tabla 7: Lecturas a través del liquido

Actividad (mCi)	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	4794.2	7881.9	15906.7
	4975.0	7948.5	15890.0
	4769.1	7835.3	15915.8
	4871.3	7885.6	15847.7
	4882.6	7917.4	15905.5
	4513.2	7388.0	14509.3
	4510.0	7456.3	14739.4
	4492.4	7351.2	14961.2
	4498.3	7425.8	14955.6
	4567.2	7531.0	14714.2

Tabla 8: Lecturas a través del gas (aire)

Actividad (mCi)	6.5 mCi	10.7 mCi	22.5 mCi
Cuentas por segundo (cps)	33341.5	53836.0	61713.7
	32795.2	53866.4	60268.3
	33306.2	53824.1	59097.1
	33302.8	53657.1	58411.1
	33360.7	53816.8	57759.3

RESULTADOS EXPERIENCIA II: Estanque en exteriores del recinto

Fecha: 20/03/2003 (3 días de decaimiento)

Tabla 9: Lecturas a través del líquido:

Actividad (mCi)	6.5 mCi		10.7 mCi		22.5 mCi	
	10 seg	**100 seg**	**10 seg**	**100 seg**	**10 seg**	**100 seg**
Cuentas por segundo (cps)	45.9	43.58	48.3	48.65	61.1	62.21
	45.1	43.88	47.2	48.02	62.1	63.74
	48.3	44.43	47.9	48.22	60.9	64.03
	41.9	44.12	48.2	48.30	65.7	63.42
	43.8	43.82	47.7	48.29	64.7	63.57

Tabla 10: Lecturas a través del gas (aire):

Actividad (mCi)	6.5 mCi		10.7 mCi		22.5 mCi	
	10 seg	**100 seg**	**10 seg**	**100 seg**	**10 seg**	**100 seg**
Cuentas por segundo (cps)	8843.1	9075.70	16286.5	16294.64	31671.3	31738.94
	9060.6	9084.92	16268.8	16305.05	31677.8	31796.26
	9098.8	9087.87	16284.3	16294.43	31728.3	31758.57
	9051.8	9082.83	16328.4	16299.24	31708.7	31775.65
	9059.3	9083.21	16370.6	16300.25	31794.7	31789.36

BUILD UP REAL EXPERIENCIA I (a): Dentro del laboratorio.

Fecha: 17/03/2003 (2 días de decaimiento)

Tabla11: Build-up del sistema líquido:

Actividad (mCi)	**$B_{(x)}$ teórico**	**$B_{(x)}$ experimental**
6.5	6.7	No se midió
10.7	6.7	1.002
22.5	6.7	1.003

Tabla 12: Build-up del sistema gas:

Actividad (mCi)	**$B_{(x)}$ teórico**	**$B_{(x)}$ experimental**
6.5	4.2	1.34
10.7	4.2	1.33
22.5	4.2	1.23

BUILD UP REAL EXPERIENCIA I (b): Exteriores del recinto.

Fecha: 20/03/2003 (3 días de decaimiento)

Tabla 13: Build-up del sistema líquido:

Actividad (mCi)	$B_{(x)}$ teórico	$B_{(x)}$ experimental
6.5	6.7	1.0014
10.7	6.7	1.0013
22.5	6.7	1.0013

Tabla 14: Build-up del sistema gas:

Actividad (mCi)	$B_{(x)}$ teórico	$B_{(x)}$ experimental
6.5	4.2	1.31
10.7	4.2	1.30
22.5	4.2	1.16

BUILD UP REAL EXPERIENCIA II: Estanque.

Fecha: 20/04/2003 (3 días de decaimiento)

Tabla 15: Build-up del sistema líquido:

Actividad (mCi)	**$B_{(x)}$ teórico**	**$B_{(x)}$ experimental**
6.5	622.07	323.14
10.7	622.07	350.56
22.5	622.07	366.01

Tabla 16: Build-up del sistema gas:

Actividad (mCi)	$B_{(x)}$ teórico	$B_{(x)}$ experimental
6.5	2.35	36.79
10.7	2.35	40.39
22.5	2.35	37.41

Hay que notar que la fuente a esa fecha se encuentra decaída, por lo que existe una menor emisión de fotones.

EXPERIENCIA III: Simulación de platos colapsados

El isótopo utilizado para esta experiencia, fue el I-131 de mayor actividad, Las mediciones se realizaron con los instrumentos bajo el agua (Fig. 3), evitando así el scattering.

Los resultados son los siguientes:

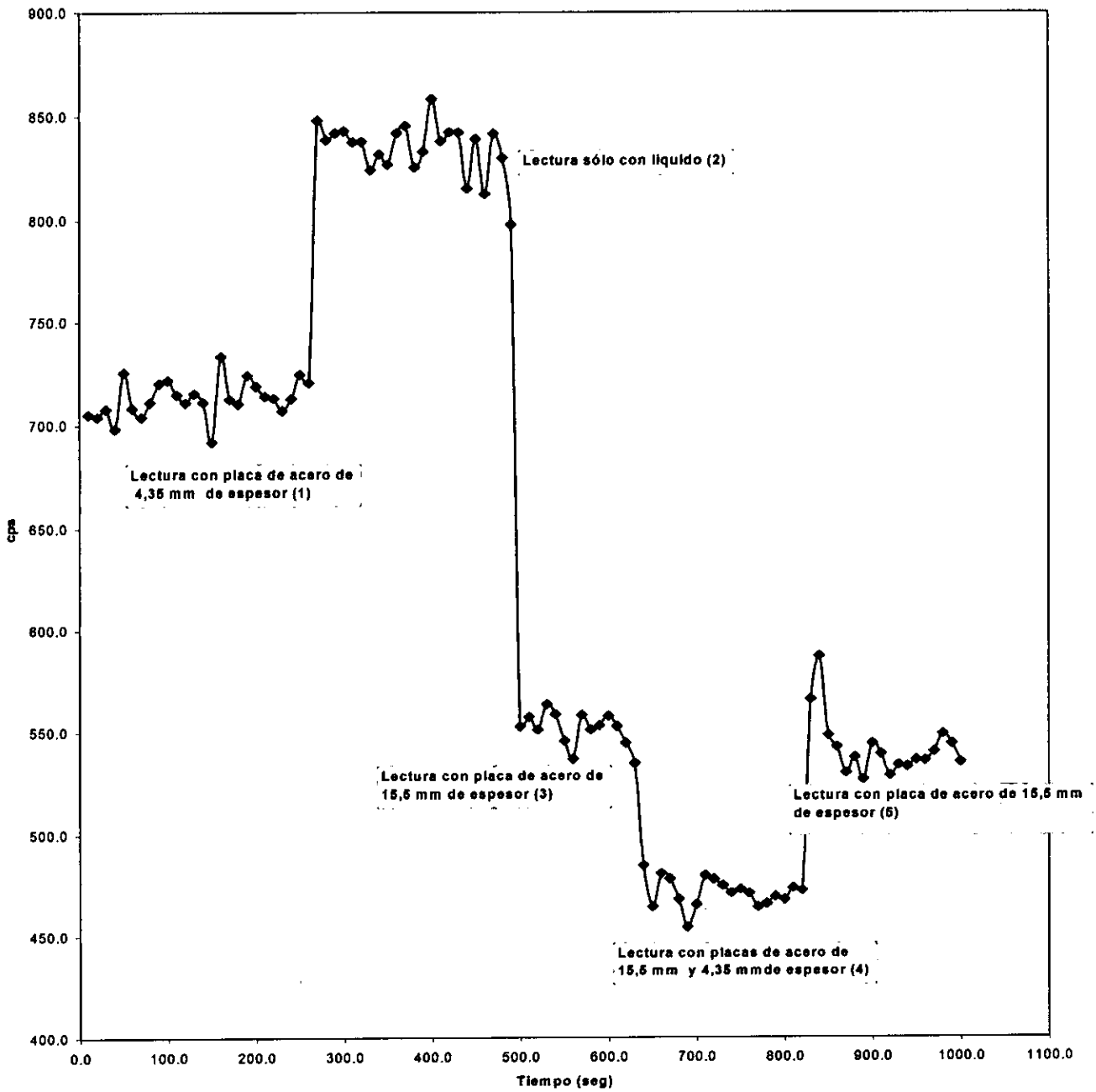


Grafico 1 **1° SIMULACION PLATOS QUEBRADOS (con distintos espesores de acero)**

Luego se realizó otra lectura de similares características:

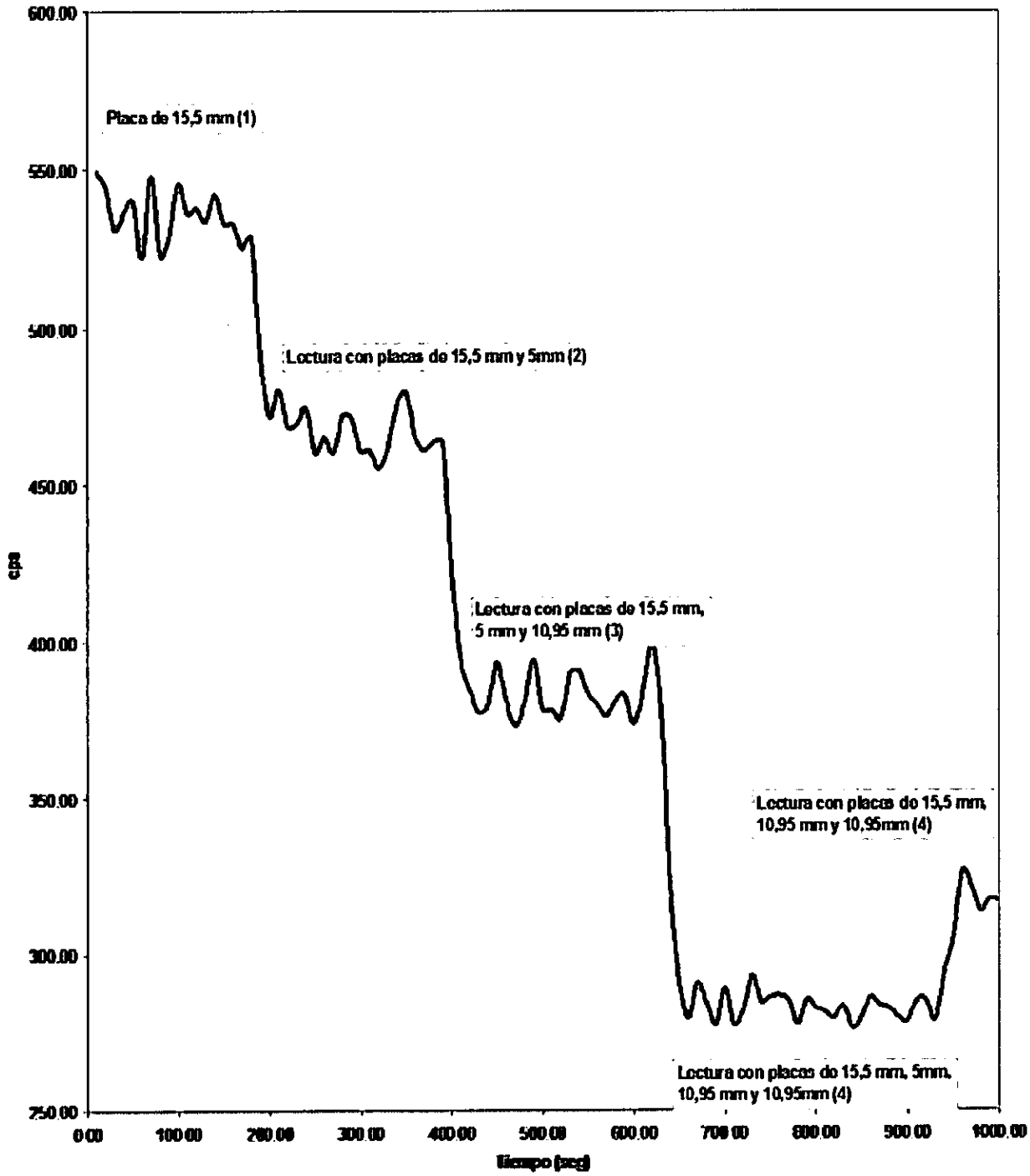


Gráfico 3.2: 2° SIMULACION PLATOS QUEBRADOS

Finalmente se hace una lectura sólo con líquido (aquí se entregará una comparación de cada medición):

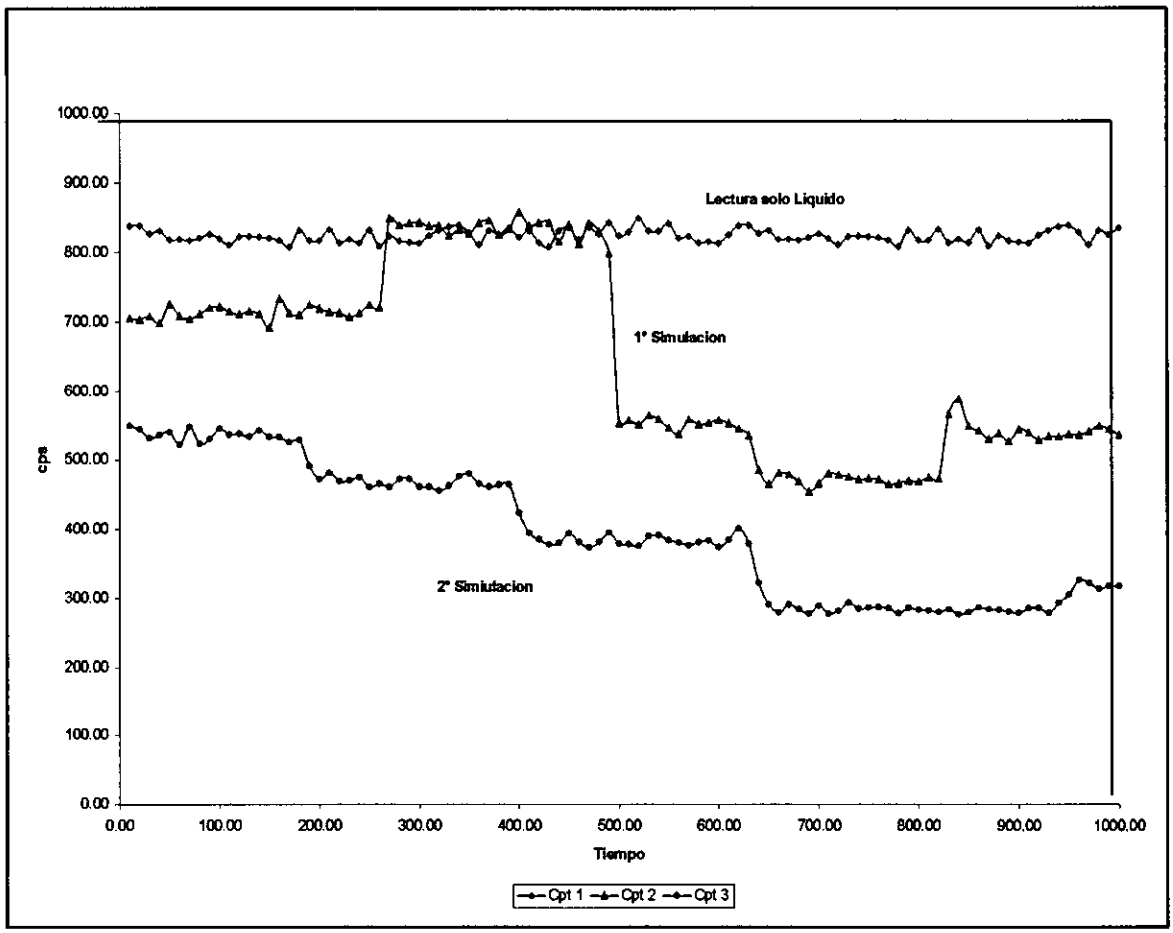


Gráfico 3: Simulación de platos quebrados

D.2 RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ETAPA DE APLICACIÓN INDUSTRIAL

Cada informe entregado a Enap Refinerías Biobío, es específico y posee sus propias conclusiones. Se adjuntan los informes de cada experiencia.

Los resultados principales de la etapa de aplicación industrial del proyecto se resumen en el siguiente listado:

Columna E-451: Se realizaron 2 estudios a esta columna, dado que con el primero se descubrió una coquificación de gran magnitud en uno de los empaques del equipo, por lo que se procedió a detener la planta para repararla. El segundo servicio se realizó para verificar el estado de la columna luego de su reparación, con lo que se corroboró su estado.

Columna E-51: Se descubrió un incipiente coquificación en uno de sus empaques, por lo que se tomaron medidas preventivas para que esto se minimizara.

Columna E-100B: En esta columna se corroboraron algunas sospechas de por que la columna no funcionaba correctamente. El escáner indicó que uno de los platos inferiores no se encontraba en su lugar, entre otras cosas.

Columna T-1401: Con el gamma Scanning se descubrió que esta columna presentaba problemas graves en su zona inferior, por lo que se decidió detener la planta en el corto plazo para su reparación. Posteriormente a esto, se corroboró lo informado por CGM en el informe Nº 7 del 19 de diciembre del 2003.

Columna E-702: se descubrió que esta columna presentaba bandejas dañadas en el fondo de la columna. Esto afectaría todo el sistema del equipo.

- Análisis y conclusiones de estos resultados de acuerdo a las etapas de ejecución del servicio.

PRIMERA ETAPA: PLANIFICACION

a) Planificación del servicio de Gamma Scanning

Esta se realiza en terreno, con una visita técnica para obtener una apreciación in situ del problema.

La planificación de un ERG sobre una columna de destilación de platos o construcción similar, es el primer objetivo que proyecta. La tecnología de escaneamiento involucra mínimo dos personas trabajando, para profundizar el perfil de inspección en línea de los procesos internos de funcionamiento de la unidad.

Los parámetros que se han de conocer previo al empleo de la técnica son los que se indican:

- Diámetro interno de la columna de interés,
- Espesor de la pared de la columna,
- Materiales de construcción de la columna,
- Accesibilidad a la columna y de la columna (escaleras, plataformas, etc.) (*)
- Orientación de los Downcomers y tipos de platos presentes (simples, doble paso, etc.),
- Experiencia en la operación de las variables, tales como aumento o disminución de la presión y diferencias de temperatura a lo largo de la columna, además de un manejo en el campo de la energía nuclear.

Toda ésta información es primordial en la selección de una fuente radiactiva adecuada y sellada que permitirá detectar problemas dentro de la columna, tales como presencia de espuma, lluvia, arrastre de líquido, etc.

Un ejemplo de cálculo se entrega en el ANEXO I.

b) Elección de la fuente de radiación gamma

Uno de los factores importantes a determinar, son las características de la fuente de emisión gamma. Su elección depende fuertemente de las aplicaciones que se requieran (plano mecánico) y del material de construcción de la torre; en el caso de estudios en grandes columnas (en diámetro) como son las de una refinería de petróleo o como las de una planta de metanol, se requiere una fuente de relativamente alta energía de emisión y, en lo posible, con un decaimiento tal que la mantenga operativa por un lapso de tiempo suficiente para realizar el perfilaje.

Habiendo realizado la planificación del escáner, se procede a estimar la actividad necesaria de la fuente para columna en estudio. Se asumen los siguientes valores:

(*): Se hará una descripción especial (c) para este punto.

Eficiencia del detector (ε): 8 a 10%

Error relativo que se desea acotar dado por:

$$\delta = \frac{\sqrt{N}}{N} = 2\%$$

Se ha estimado una fuente de Cs-137 (50 mCi) o el Au-198 (60 mCi) como emisor es primarios por sus bajas energías (0.662 y 0.411 MeV), además de su larga vida media (30 años); y el Co-60 de 30 a 50 mCi, como fuente emisora secundaria, ya que tiene una emisión de dos rayos gamma de alta energía (1.173 y 1.332 Mev), con un período de semidesintegración de 5 años. Recordar que mientras más baja es la energía, se obtiene una mejor lectura y resolución.

La interacción de la radiación con el medio de interés, produce cambios en la intensidad de los haces transmitidos, cambios que pueden ser analizados y relatados como propiedades del medio dentro de una construcción cerrada.

La transmisión de la radiación gamma a través de un medio esta descrita por una atenuación exponencial, que puede ser considerada como una función de las propiedades del material, tal como espesor y densidad de éste (es decir, masa por unidad de área) o del medio absorbente. Lo anterior es la base de las técnicas de absorción de radiación gamma usadas para procesos de investigación.

c) Estudio de accesibilidad de la torre

Paralelamente a la elección de la fuente, habiendo realizado ya la visita técnica a la planta y obtenidos los datos necesarios, como imágenes, se establecen los puntos donde se debe instalar el equipamiento y por donde será posible y necesario hacer el perfilaje, de acuerdo a los externos de la torre (plataformas, escaleras, manways, etc.) que impidan el normal desempeño de los equipos, además de establecer cuales de estos externos pueden ser desplazados para facilitar el movimiento de la fuente y el detector.

En caso de desplazar algún externo, esto lo realiza personal de la empresa a la que se le preste el servicio, o si es posible, personal de CGM Nuclear S.A. (previa aprobación de la empresa beneficiaria).

Es una técnica en línea que entrega información respecto del funcionamiento hidráulico de una columna en operación, sin detener el proceso.

SEGUNDA ETAPA: EJECUCIÓN DEL SERVICIO

a) Metodología de ejecución del servicio.

La metodología de ejecución del servicio se entrega en el ANEXO I, como "Procedimiento para la aplicación del servicio de Escáner con Radiación Gamma (ERG) a columnas de destilación o fraccionamiento".

b) Aseguramiento de la calidad del Escáner

Dentro del "Procedimiento para la aplicación del servicio de Escáner con Radiación Gamma (ERG) a columnas de destilación o fraccionamiento", se encuentra un anexo de aseguramiento de la calidad de la ejecución del escáner, dado que teniendo bien controlados los parámetros de ejecución, se puede asegurar de mejor manera que el servicio fue bien ejecutado.

c) Trabajo bajo condiciones climáticas adversas

En este caso, se toman todas medidas de seguridad industrial y radiológica que se conocen previamente. Estas condiciones serían:

- *Lluvia*: Existe la posibilidad de resbalar. Además se trabaja con capa impermeable, junto con los implementos comunes, como arnés, guantes, etc. En Cuanto a los equipos, estos no presentan problema, ya que se encuentran protegidos.

- *Viento:* No existe gran problema con el viento, pero se suspende el trabajo en altura cuando la velocidad de este supera los 70 Km/h. En cuanto a los equipos, es recomendable trabajar con tubos de PVC, que impidan el movimiento de la fuente o detector, o simplemente detener el trabajo hasta que mejoren las condiciones, ya que este afecta los resultados. En general no es recomendable trabajar con mucho viento.

TERCERA ETAPA: TRATAMIENTO, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS (DATOS)

a) Tratamiento de los datos

Los datos se pueden interpretar mejor dándoles un tratamiento matemático, con el fin de suavizar las curvas, para así interpretar con mayor seguridad los gráficos obtenidos.

b) Análisis de los resultados

Una vez obtenidos los resultados, se debe aplicar el conocimiento recabado durante este proyecto, en cuanto a los patrones de diagnóstico establecidos por la experiencia adquirida durante el año de proyecto.

Durante este proyecto, se ha recibido información por parte de Enap Refinerías Biobio, que respaldan el hecho de que los patrones establecidos son correctos y por lo tanto, confiables.

c) Generación y entrega de informes

Se adjunta el "Procedimiento de generación y entrega de informes" en el ANEXO I.

CONCLUSIONES DEL PROYECTO 202-3412, SISTEMA DE ESCANER CON RADIACIÓN GAMMA A COLUMNAS DE DESTILACIÓN Y FRACCIONAMIENTO.

Luego de los trabajos realizados (8), se concluye que este es un sistema aplicable a cualquier columna de destilación, sus resultados son confiables y representativos, tan válidos como los perfiles de temperatura y presión. Además posee la ventaja de obtener inmediatamente la ubicación física del problema y, como se observó en terreno, el personal de la planta puede tomar decisiones rápidamente.

Es una herramienta inspectiva de gran utilidad tanto para evaluar el funcionamiento de una columna como para confirmar el diseño mecánico del sistema. Los patrones de diagnóstico obtenidos, son representativos; Los resultados obtenidos, representaron claramente lo que ocurría dentro de la columna, lo que fue de gran ayuda a los ingenieros de Petrox, a pesar de que en general estos tienen siempre una sospecha de lo que ocurre, el escáner gamma les confirmaba o refutaba sus sospechas.

Los conocimientos de comportamiento y manejo de fuentes radiactivas, contar con el personal especializado y capacitado para el trabajo en terreno con estas sustancias y un amplio conocimiento del proceso en estudio son elementos clave para que cada servicio realizado sea exitoso. Por esto la planificación de cada servicio es específica para cada columna. De esta manera, la experiencia adquirida en este proyecto, permite ponerlo a disposición de las industrias del país.

Con este proyecto, se demostró que esta técnica (y en general las técnicas nucleares de aplicación industrial) generan un ahorro de tiempo y dinero importante. Esto quedó de manifiesto especialmente en lo acontecido en la columna T-1401 de la planta de coke. La columna no se detuvo, y pudo ser evaluada a tiempo.

La correcta adquisición de los datos, es muy importante dado que si estos no son totalmente representativos de lo que ocurre dentro de la columna; no se tomarán las decisiones adecuadas, por eso es muy importante una visita técnica antes de realizar el servicio.

El Gamma Scanning a columnas de destilación y todas las técnicas nucleares, prestan una gran ayuda en la industria. Los resultados son representativos de lo que ocurre dentro de cada proceso y permite tomar decisiones adecuadas y rápidas. Este proyecto permitió dar a conocer en la industria petroquímica este tipo de técnicas, lo que abre un nuevo nicho de negocios para que las empresas e industrias interesadas utilicen estos servicios.

E. IMPACTO DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto se cumplió a cabalidad, dado que ahora existe el equipo en Chile para realizar el Escáner, se ha adquirido la experiencia y además, la empresa se ha interesado en este servicio y otros que son derivaciones del Gamma Scanning.

Una de los principales logros de este proyecto fue dar a conocer esta técnica en el ámbito industrial, ya que se utilizó especialmente en columnas que presentaban problemas para el personal de operaciones de la empresa. Además, que fuera reconocida como una herramienta de aplicación especialmente preventiva.

Dentro de lo podría llamarse impacto, se logró identificar problemas dentro de las columnas estudiadas, que luego pudieron ser verificadas y reparadas por el personal de la empresa a la que se le prestó el servicio. En términos monetarios, es difícil evaluar ya que a la fecha, no hemos recibido la información de personal directamente involucrado de la empresa, por lo que recopilamos y entregamos algunos datos que se supieron durante el desarrollo del proyecto.

En virtud de lo informado por CGM Nuclear a Enap Refinerias Biobio, se tomó la determinación de detener una planta completa con tiempo de anticipación, dadas las falencias mecánicas y operacionales descubiertas por el escáner. Esto permitió reparar la planta antes de que colapsara y aumentó directamente la vida útil de ella. Son aproximadamente USD$ 120.000 diarios que se pierden por un día de paro de emergencia, pero en este caso se programó la detención, por lo que la pérdida de producción y dinero se minimizó.

En otras columnas, se verificó lo que el personal de planta suponía, por lo que se procedió a reparar y/o variar las condiciones de operación para mejorar el rendimiento o eficiencia de toda la planta.

- Mecanismos de implementación de los resultados del proyecto por parte de la empresa.

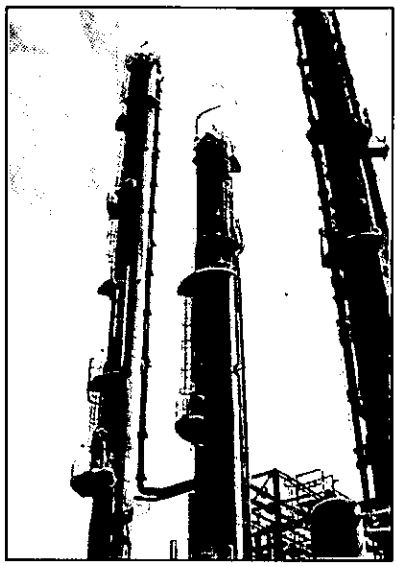
Los resultados obtenidos del proyecto, como experiencia en la aplicación de este tipo de servicios, permitirá ofrecer este servicio en forma rutinaria, para las empresas que lo requieran, en un tiempo de respuesta mucho más corto que el que las empresas extranjeras pueden entregar, con la misma calidad de resultados. En general, en función de los resultados obtenidos:

- Se establecerá la organización para el servicio en Gerencia Comercial
- Se re-identificará y cuantificará mercado objetivo para la nueva línea de negocio
- Se segmentara el mercado nacional y extranjero en cuanto a lugar geográfico y tamaño.
- Se elaborará publicidad asociada al servicio y al sitio de Internet de la empresa. Se Implementaría E-business al servicio. (Se adjunta tríptico elaborado para este punto)
- Se elaborará información técnica en catálogo para visitas a terreno.
- Difusión del Proyecto Fontec – CGM Nuclear S.A. de Innovación "Servicio de Diagnostico Escáner Gamma" en Congresos del área y seminarios de industrias Petroquímicas.
- - Programación visitas a clientes antiguos
- - Seguimiento y cierre de nuevos negocios
- - Pruebas sin costo a antiguos clientes
- - Evaluación resultados de las campañas de introducción de la nueva línea de negocio
- Compra de equipos para la empresa.

CGM
NUCLEAR

SERVICIOS INDUSTRIALES

Soluciones hoy...



www.cgmnuclear.cl

ANEXO I
PROCEDIMIENTOS ACTUALIZADOS PARA EL SERVICIO DE GAMMA SCANNING

PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS SERVICIOS INDUSTRIALES DE CGM NUCLEAR S.A.

PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACION DE LOS SERVICIOS INDUSTRIALES DE CGM NUCLEAR S.A.

1. OBJETIVO

Describir la metodología de trabajo para la planificación y programación de los servicios a realizar por la Servicios Industriales de la empresa.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable en actividades preparatorias para la realización del servicio.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 Jefe de División

- Administrar los RRHH y materiales de la división, a fin de cumplir con los requerimientos de los servicios a los clientes.
- Programar los tiempos de ejecución y respuesta de cada operación.
- Asignar los recursos necesarios para la correcta ejecución de los servicios
- Seleccionar y asignar el personal idóneo para cada operación.
- Verificar conformidad con la operación para la realización del servicio.
- Realizar contactos con el cliente, para la coordinación y verificación de las condiciones para la realización del servicio.
- Crear un archivo específico para cada cliente (como una hoja de vida), tanto virtual como físico asignándole un código único.
- Participar en la planificación y ejecución (si lo amerita) de cada uno de los servicios a realizar.

3.2 Personal

- Asegurar los recursos para la operación
- Apoyo logístico al supervisor
- Participar en la planificación y ejecución (si lo amerita) de cada uno de los servicios a realizar.
- Mantener los archivos

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

- Documentación del Cliente
- Carpeta del cliente

5.0 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

5.1 Operaciones

- Con el archivo físico del cliente (identificado con código único asignado especialmente), el jefe de división verifica la existencia de la información requerida para realizar el servicio (documentación técnica, planos, etc). Esta debe ser suficiente para establecer el servicio.

- Si esta información se encuentra bajo conformidad, se procede a contactar al cliente para programar fechas y condiciones que se acordarán en la cotización.
- En caso de no conformidad se solicita al cliente **A LA BREVEDAD** la información faltante.
- Una vez confirmada la documentación, se procede a realizar la cotización de servicio.

5.1.1 Condiciones de Trabajo

- En caso de ser necesario, personal de la división programará una visita Técnica al lugar donde se realizará el servicio, a fin de constatar las condiciones en que se efectuarán los trabajos.
- Si el lugar de trabajo presenta limitaciones o dificultades que impidan el desarrollo normal de los servicios, se informará al cliente de dicha situación con objeto de superar el inconveniente y realizar el servicio en forma adecuada.

5.1.2 Planificación y programación del servicio

Se realizara considerando
- La descripción técnica del servicio
- Las fechas en las que se realizará este.
- Designación de personal
- Asignación de recursos necesarios
- Entrega de metodología de trabajo
- Apoyo logístico

5.1.3 Designación del personal

- El personal que participará en el servicio debe poseer la experiencia y los conocimientos necesarios para ejecutar el servicio en forma eficiente. De ser necesario, se enviará el currículo de cada participante al cliente.

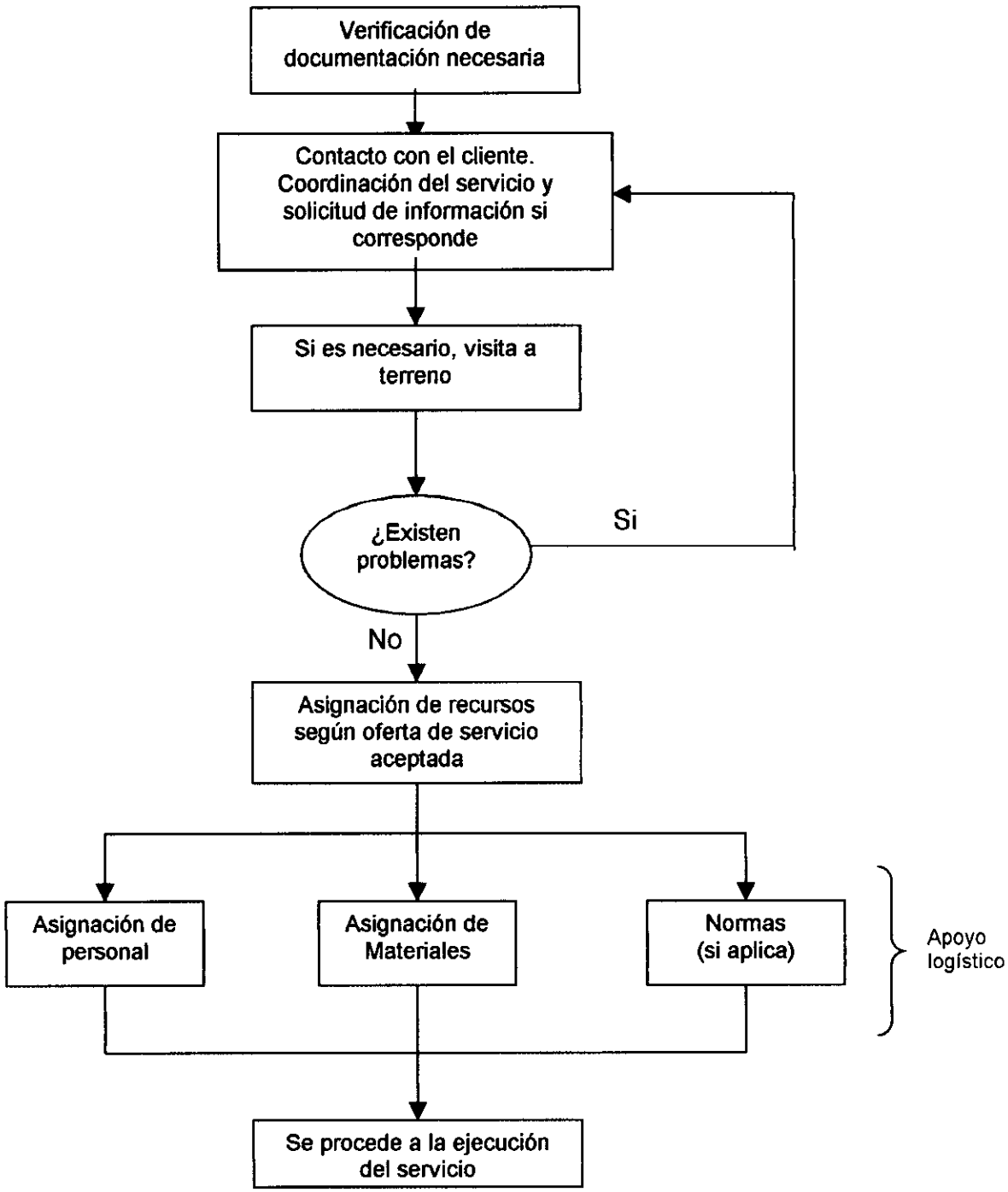
5.1.4 Asignación de recursos

- Los recursos necesarios serán asignados por el jefe de división, de acuerdo a las características del servicio (ubicación geográfica, dificultades técnicas, etc.) previa evaluación.

5.1.5 Metodología de trabajo

- Será revisada por **TODO** el personal involucrado en el servicio antes de su ejecución. Esto incluye metodología de ejecución, planillas de terreno, y documentos asociados al servicio.
- El personal de apoyo asegura la logística, que involucra la definición de cantidades, tipo y forma en que será suministrado el personal, combustible para los vehículos (si lo amerita), transporte del personal durante la ejecución del servicio.
- En conformidad con las condiciones para la realización del Servicio, el personal debe tener en su poder la metodología de trabajo, las instrucciones, normas (si es necesario) y materiales respectivos.

PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACION DEL SERVICIO



PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN/EJECUCION DEL SERVICIO DE ESCANER CON RADIACIÓN GAMMA (ERG) A COLUMNAS DE DESTILACIÓN O FRACCIONAMIENTO.

1. INTRODUCCIÓN

La técnica de gamma scanning, si bien se basa en principios físicos y metodológicos sencillos, necesita no solamente una preparación preliminar específica de modo que el trabajo de campo resulte fácil, sino que también requiere un conocimiento básico del proceso estudiado que posibilite una segura interpretación de los resultados obtenidos.

La técnica es aplicable a unidades químicas y petroquímicas con el objeto de identificar las anomalías de los procesos, de asegurar la integridad de los equipos internos de las columnas de destilación de platos o empaque y de cuantificar los depósitos y bloqueos en los conductos.

En esta guía solamente serán mencionados en detalle las diferentes etapas a ser cumplidas para realizar un estudio sobre una columna de destilación, así como la segunda parte de esta guía será dedicada a la presentación de una serie de perfiles de referencia ilustrando los patrones de diagnóstico.

Finalmente protocolos de certificación-calidad típicos para la ejecución de cada etapa se proponen en anexo a este documento.

A. PLANIFICACIÓN

I. Planos mecánicos – características de la columna:

A partir del plano mecánico de la columna, es necesario:

- Escoger un punto de referencia conveniente (*manhole*, tubulación externa, etc.).
- Retomar la columna en un software de dibujo industrial (Autocad, Autosketch, u otro); todas las posiciones de los equipos internos y externos como referenciadas a partir del punto de origen escogido.
- listar las características de la columna en una tabla del tipo:

Tipo de unidad	**Diámetro Externo (mm)**	**Espesor de la pared (mm)**	**Naturaleza de los componentes internos**
Tipo de proceso nº de identificación de la columna			- platos (tipo) -empaquetamiento (tipo y densidad)

- Referenciar la orientación de los downcomers en relación con el punto de origen.

II. Selección de la fuente:

La selección de la fuente y de su actividad se establece en base en un determinado número de consideraciones, entre las cuales se puede mencionar:

- Diámetro de la columna,
- Tipos de problemas eventuales a estudiar (discutir con los operadores).

1. Parámetros operacionales:

Estos parámetros deben ser discutidos con los ingenieros de proceso.

☐ Problemas principales: obstrucciones, presión anormalmente elevada, problemas mecánicos...→ fuente de ^{60}Co .

☐ Problemas secundarios: emulsificación, escurrimiento o arrastre del líquido... → fuente de ^{137}Cs o ^{198}Au.

2. Parámetros dimensionales:

La estimación de la actividad es dada por:

$$Actividad = \frac{D\, d^2\, 2^{e/X_{1/2}}}{T}$$

Donde:

D = tasa de dosis deseada,

d = diámetro interno de la columna (m),

e = doble espesor de la columna (mm),

$X_{1/2}$ = medio espesor de transmisión (mm): 25 mm para el acero y el ^{60}Co,

T = constante de la radiación gama para una fuente específica: 1,332 R/h para una distancia de 1 m y una fuente radiactiva de ^{60}Co de 1Ci.

Se sugiere añadir 200 mm al diámetro de la columna para tener en cuenta los blindajes porta-fuentes y el detector.

NOTA

Se recomienda trabajar con una tasa de **5000 a 7000 cps** en el espacio de vapor de la columna (línea de base vapor); esta tasa se reduce a cerca de **1000 a 2000 cps** en los niveles de los platos (línea de base líquida).

3. Ejemplo de cálculo de la actividad de una fuente:

Escoger la fuente para una columna de destilación con las características siguientes:

- Diámetro interno = 2.9 m,

- Espesor de la pared = 15 mm.

- La sensibilidad del detector (2"x 2" NaI/Tl) es de 7500 cps/(mR/h).

Para determinar la sensibilidad de un detector NaI(Tl), colocar una fuente radiactiva de ^{60}Co o de ^{137}Cs a una distancia conveniente para que se la tasa de dosis sea aproximadamente 1 mR/h en la posición del detector.

La sensibilidad del detector Na(Tl) para el ^{60}Co es inferior a la del ^{137}Cs. Efectivamente el detector Na(Tl) es más sensible para bajas energías do que para altas energías.

Se trata de determinar la actividad adecuada de una fuente de ^{60}Co para una tasa de ^{60}Co dosis de 1 mR/h.

Aplicación numérica:

$$Actividad = \frac{1 \times (2{,}9 + 0.2)^2 \times 2^{30/25}}{1.332} = 16.5\ mCi$$

Para facilitar al operador la selección de la fuente en función del diámetro de la columna, la tabla abajo presenta la variación de la actividad de una fuente de ^{60}Co en función del diámetro de la columna para un espesor medio de la pared de **15 mm** y una tasa de dosis de **1 mR/h:**

Diámetro de la columna	**Actividad de la fuente de ^{60}Co (mCi)**
1	2.4
1.5	5
2	8.3
2.5	12.5
3	17.6
4	30.4
4.5	38.1
5	46.6
5.5	45
6	66.3

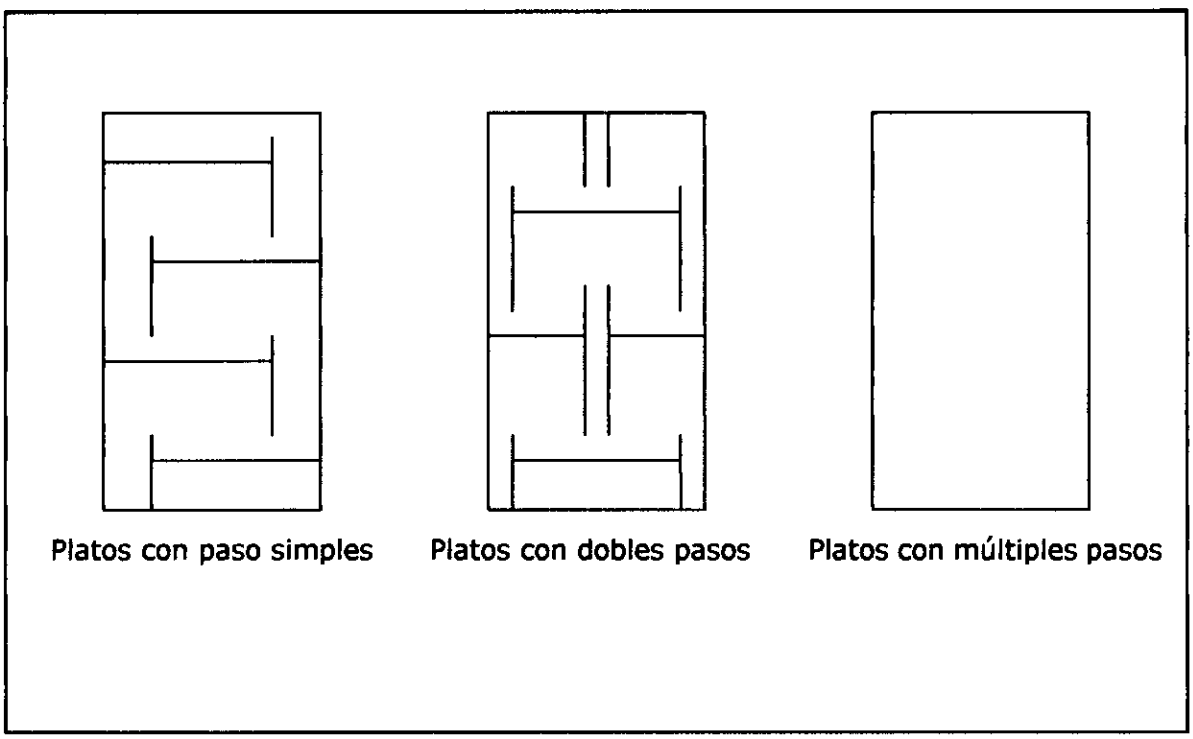
III. Selección de las líneas del barrido:

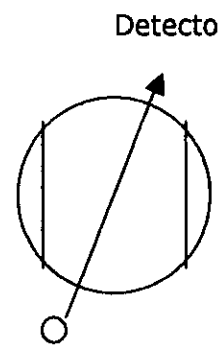
1. Barrido de los platos:

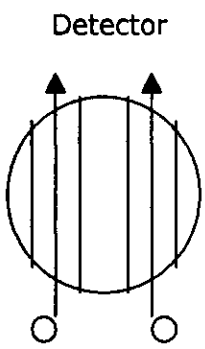
La selección de las líneas del barrido depende de la orientación de los vertederos y de los tipos de platos en la columna..

Como regla general las líneas del barrido deben evitar los vertederos tanto cuanto sea posible.

Sin embargo, los barridos pueden atravesar los vertederos en el caso en que se necesita hacer el control de la integridad de los equipos internos de la columna.







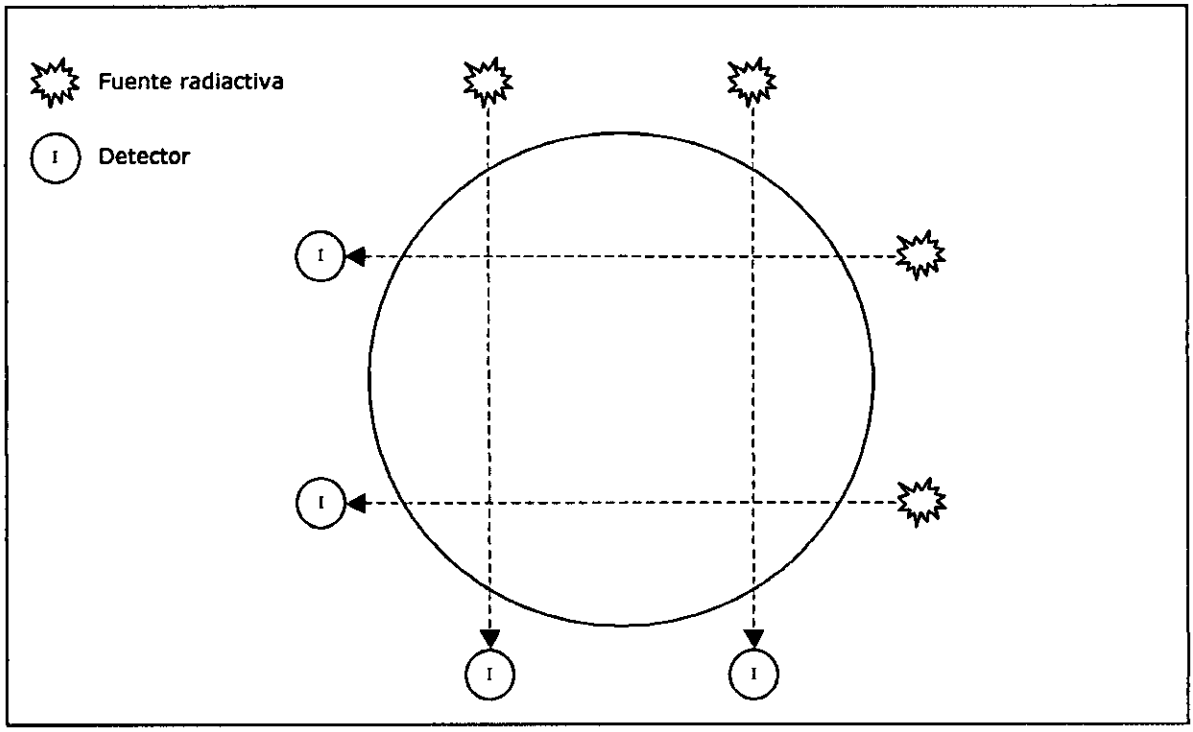
2. Barrido de columnas empacadas:

Para los lechos empaquetados, es adoptada una configuración en rejilla.

Para las columnas de diámetros muy superiores a 3 m, cuatro líneas de barrido no recubren la totalidad de la columna.

Nota

La configuración en cuadrícula se aplica asimismo para el control de los equipos de distribución ubicados por cima de los lechos empaquetados: comodidad del sistema de distribución y uniformidad de la distribución del líquido.



Procedimiento de un barrido a una columna empacada

- Obtener un plano mecánico de la unidad en cuestión.
- Seleccionar la orientación de las líneas de barrido con un mínimo de interferencias con los equipos existentes
- Seleccionar un punto de referencia exactamente arriba del lecho empaquetado con vistas a obtener cuatro perfiles de barrido comparables.
- Marcar las cuatro líneas de barrido sobre la columna.
- Para cada línea de barrido, hacer las mediciones con una fuente y un detector apropiados. Obtener una línea media calculando la media de los conteos en cada posición.
- Utilizando un programa apropiado (PeakFit), corregir las curvas mediante el método de transformada de Fourier (FFT), para eliminar el ruido, y superponer cada una de las líneas obtenidas en un gráfico.

IV. Preparación del materiales a utilizar:

2. Establecimiento de la lista de materiales (check-list):

Item	Item
• **Caja:** - Detector de centelleo - Computador - Blindaje con colimador panorámico - Cintas métricas (2) - Conectores de cable (>4) - Cable coaxial - Cable conexión computador - Cables guía de acero (2) - Manillas (2) - Contador - Tubos de PVC • **Fuente:** - Radioisótopo + Blindaje. - Portafuente • **Radioprotección:** - Dosímetros - Telepinzas - Cordones para aislamiento - SPP2 o Automess.	• **Protección:** - Ropa - Calzado de seguridad - Cascos - Guantes • **Documentos:** - Planos mecánicos - Cuadernos de anotación - Lápiz y marcadores • **Caja de herramientas:** - Baterías de recarga para el PC - Huincha de Medir • **Otros:** - Walkie-talkies

3. Verificación de las condiciones de funcionamiento de los materiales:

Todo el material de medición debe ser verificado en el laboratorio con el empleo de una fuente radiactiva de baja actividad (fuente de laboratorio, como I-131).

2.1 Asegurarse que el software DeLogger se encuentra instalado en el PC; si no es así, instalar.

2.2 Verificación del buen funcionamiento del sistema de detección (LUDLUM)

1ª. Etapa: calibración para utilización con detectores de centelleo.

- Reglar el THR en 10 mV.
- Posicionar WIN IN-OUT en OUT.
- Exponer el detector a las radiaciones de una fuente radiactiva y observar el conteo con y sin la fuente cuando la tensión se aumenta gradualmente de 50 V. Trazar esto dato en función de la alta tensión.
- Obtener la alta tensión correspondiente al conteo mínimo.
- Reglar la alta tensión en esto valor para esta utilización.

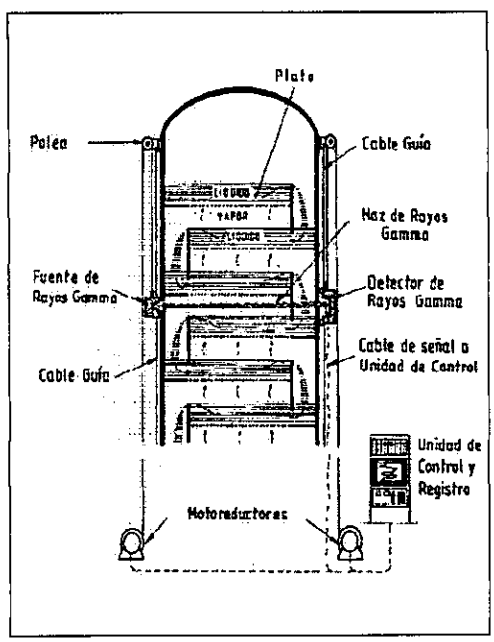
La 1ª. Calibración es hecha por el fabricante y se renueva a cada año.

2ª. Etapa:

- Reglar la alta tensión en el valor encontrado en la 1ª. Etapa (ver el certificado de calibración).
- Asegurarse de la carga de las baterías posicionándose en BAT.

Verificar la tensión del cable de acoplamiento entre LUDLUM o detector.

2.3 Montaje del material y conteo con una fuente radiactiva de baja actividad.



Configuración del montaje.

B. DURANTE EL BARRIDO

1. Preparativos en el campo

Esta etapa es previa al estudio en si, en lo posible unos días antes, como una visita técnica.

- Medir la temperatura en diferentes puntos de la columna (pared externa, tuberías, etc).

- Marcar las líneas de barrido en la columna.

- Establecer la necesidad de perforar las plataformas para facilitar el movimiento de los equipos. En caso de ser así, deben ser perforaciones de 6" x 6".

- Escoger los accesorios antes de la instalación del material:

    - *Cables guías de acero*: utilizados para guiar la sonda y el detector al lo largo de toda la columna, sobretodo en el caso en que las condiciones meteorológicas sean malas (viento). También es aplicable la instalación de los tubos de PVC.

    - *Tipo del cable del detector*: normal o resistente a altas temperaturas en casos en los cuales la temperatura es elevada en determinados puntos de la columna.

    - *Tipos de marcas*: plásticos o metálicos según la temperatura en la columna.

    - Tipo de colimador panorámico (espesor de la blindaje) según la tasa de dosis necesaria.

- Hacer la señalización entorno de la columna a estudiar.

2. Instalación del material de medición en la columna.

La instalación de los instrumentos se realiza antes de la carga de la fuente.

- Subir a la columna sobre el sector donde se desea escanear.

- Una vez instalados los equipos mecánicos, se debe descolgar las guías con los lastres para comenzar la nivelación de porta fuente y detector. Esto debe ser preciso, dada la necesidad de conocer exactamente la posición de los internos de la columna.

- Una vez instalados y nivelados, se procede a cargar la fuente y comenzar la medición.

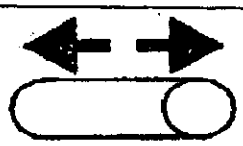
3. Transferencia (instalación) de la fuente.

Esta maniobra debe realizarla personal con experiencia en el manejo de fuentes radiactivas.

- Colocar el blindaje con la fuente al cerca del portafuente ya instalado en la columna.
- Abrir el blindaje y tomar la fuente con telepinzas.
- Colocar la fuente dentro del portafuente
- Iniciar la medición.

4. Lenguaje de señales de los operadores:

Durante las fases de instalación del material y de ejecución del barrido, se impone una lenguaje de señales, principalmente se no se tiene walkie-talkies. Un ejemplo de algunas señales que se pueden utilizar para la comunicación entre los operadores es el que se sigue abajo:

	Manos formando esfera = **FUENTE**		Movilizar cable o cinta ½ m
	Manos formando cilindro = **DETECTOR**		Acción con suceso
	Cinta métrica		Acción sin suceso
	Cable		

	Montar el cable o cinta		cerrado
	Bajar cable o cinta		Movilizar cable o cinta 1 m

5. Mediciones:

Hacer los conteos en cps a cada 1 cm, sea gráficamente por medio del PC, 5 cm si es manualmente.

Con el DeLogger (adquisición continua)

Crear un nuevo archivo de datos pinchando en el icono "XXXXX" debajo de "ZZZZZ".

- Escoger "Capture data".
- Escoger el modo "AAAAAAA" y especificar el tiempo (10 s) y el tempo muerto (0.1 µs).
- Presionar en "Enter" después de la adquisición de cada dato y seguir las instrucciones para finalizar la comunicación con el LUDLUM.
- Presionar en "**c**" para cada adquisición y registro de un conteo (cada 5 cm de la columna). Para rehacer un conteo, presionar en "**r**". Para inserir un conteo, presionar sobre "**i**". Para eliminar un conteo, presionar sobre "**d**".
- Al fin del barrido, presionar en los "**ctrl+e**" para cerrar el programa. Todos los datos quedan así registrados.

Notas

- Después de la instalación del segundo conteo, un cursor vertical aparece en la pantalla. El cursor puede ser desplazado de la izquierda para la derecha clicando sobre los botones "5" y "6". En la posición del cursor, los datos correspondientes aparecen abajo del cursor.
- El menú "Remarks" permite adicionar observaciones a cada dato (ver DeLogger v1.1 Operating Manual and Licensing Agreement).

Sin el DeLogger (adquisición discreta)

Los conteos deben ser registrados en una tabla del tipo abajo:

Distancia	Conteo bruto	Observaciones
0.05		
0.1		
0.15		
0.2		
0.25		
0.3		
0.35		
0.4		
.....		

En seguida los conteos deben ser convertidos en **cps**.

En la columna **"Observaciones"** son anotadas todas las informaciones complementares susceptibles de ayudar la interpretación posterior de las mediciones ejecutadas.

- Obstáculos encontrados.

- Estructuras externas anotadas en la pared de la columna: reflujo de líquido o de vapor, deficiencia de salida de líquido y de vapor...que algunas veces pueden explicar la sobrecarga de líquido en un plato o la formación de emulsión.

6. Protocolos de aseguramiento de calidad de la técnica de ERG:

Después de cada intervención en el nivel de la columna, tres protocolos tienen de ser llenados describiendo el desarrollar de las mediciones, los resultados y las interpretaciones de los barridos ejecutados.

Esta acción es muy importante porque posibilitará tener un registro histórico de las diferentes auscultaciones de una misma columna. Asimismo, una base de datos de experiencias anteriores facilitará la preparación de los futuros estudios.

Ver los protocolos de medición anexos a la guía.

C. DESPUÉS DEL SCAN: TRATAMIENTO DE LOS DATOS

I. Transferir los datos desde el DeLogger al PC (archivo de datos - DeLogger→PC→Excell):

1. Conectar el cable del DeLogger al PC.

2. En el PC, abrir el archivo a transferir.

3. Seleccionar la opción "Transfer previously captured data" y después presionar la tecla "Enter".

4. En el PC, seguir el camino "Iniciar/Programas//Scan2pc/Scan2pc".

5. Una ventana aparece en la pantalla del PC. Después que el archivo ha sido transferido, presionar "Exit".

6. Para copiar el archivo en una hoja Excel, seguir las etapas abajo:

   - ❖ Abrir el archivo "XXXXX" a partir del directorio "C".
   - ❖ Abrir una hoja Excel pretérita: para esta aplicación es necesario activar los macros.
   - ❖ Presionar la tecla "Import DataButton". Abrir el archivo de datos a tratar a partir del directorio "xxxxx". Los datos serán automáticamente archivados en una hoja Excel.
   - ❖ Registrar con un nuevo nombre de archivo.

II. Interpretación de los resultados del barrido:

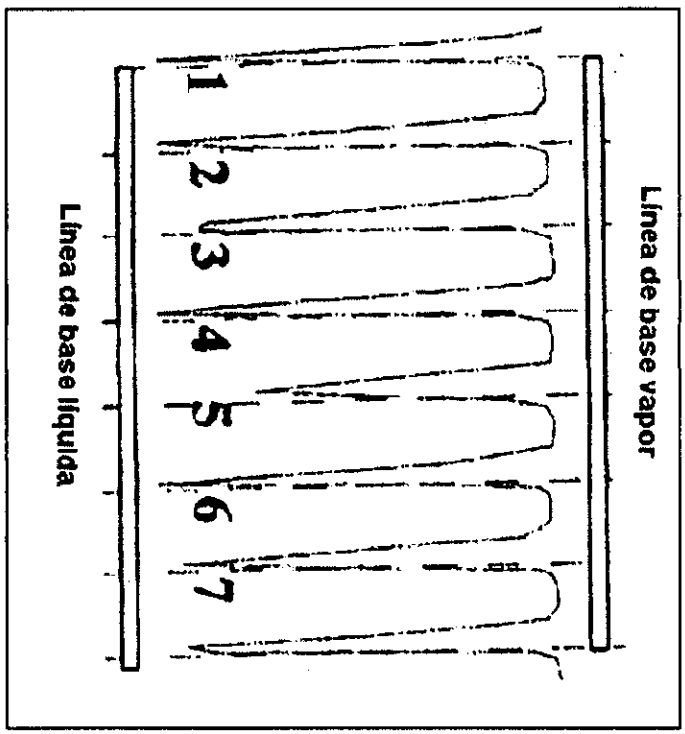
La técnica de Gamma-Scanning posibilita tener una descripción en detalle del interior de la columna: integridad de los equipos internos y estado del proceso de la columna en operación, sin parada de la producción.

- Cuando las radiaciones de la fuente atraviesan un plato normalmente lleno de líquido la mayor parte de ellas es absorbida. Un pico estrecho aparece en la posición del plato.
- Cuando las radiaciones atraviesan una zona líquida la señal obtenida es relativamente menos débil.
- Cuando las radiaciones atraviesan una zona vapor la señal de intensidad de absorción obtenida es muy débil.

III. PATRONES DE DIAGNOSTICO:

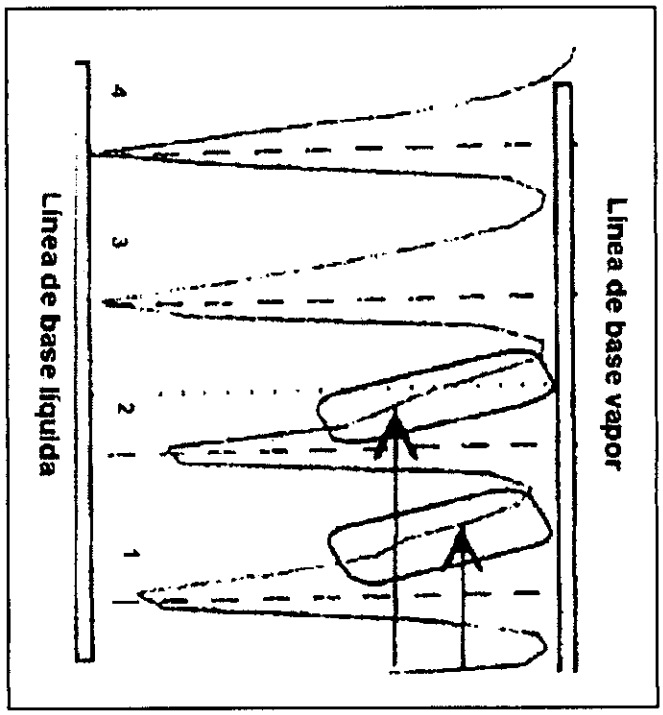
1 – Barrido de referencia: platos normales

Las líneas de barrido son perfectas, ellas non atraviesan los vertederos. En el espacio entre los platos las intensidades retornan a la misma base vapor. Ninguna anomalía es demostrada en el sacan, con excepción de que el señal del plato 5 no es idéntico al de los otros platos. Este problema no es suficientemente serio para parar la unidad. Esta desviación puede ser debida a obstáculos externos a la columna. El nivel de líquido en cada plato es aproximadamente el mismo.



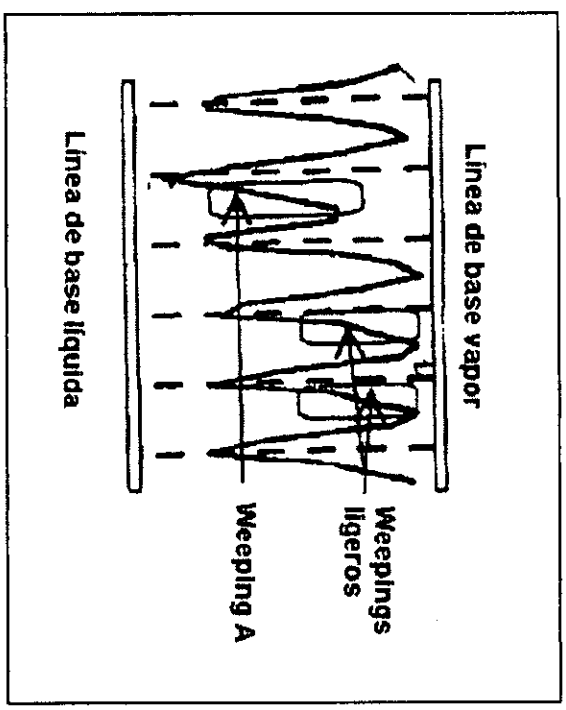
2 – Formación de emulsión

Una ligera formación de emulsión aparece en los dos platos indicados en el gráfico. La alteración de la inclinación aparece exactamente arriba del plato. En arrastre de líquido y la obstrucción no se presentan en este caso y no hay ninguna desviación con respecto a la base vapor. Estas observaciones son mejor detectadas utilizando una fuente de radiación de basa energía (^{137}Cs y ^{198}Au).



3 – Escurrimiento de líquidos "Weeping":

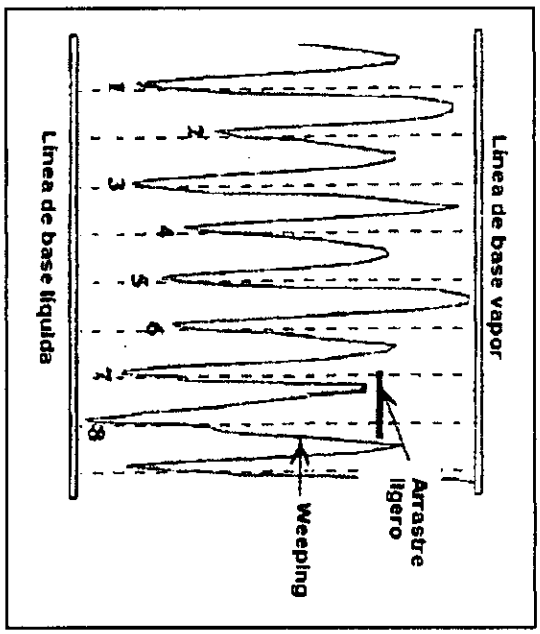
El escurrimiento de líquidos no es tampoco fácilmente detectable. Una fuente radiactiva de basa energía es conveniente para mejor observar estos fenómenos. El cambio de inclinación empieza desde el plato ubicado arriba en dirección al plato inmediatamente abajo.



Dos emulsificaciones ligeras aparecen sobre dos platos. El escurrimiento de líquido es más pronunciado sobre el plato marcado con "weeping A" y puede que sea debido a una sobrecarga de líquido en esto plato.

4 – Barrido a través los vertederos:

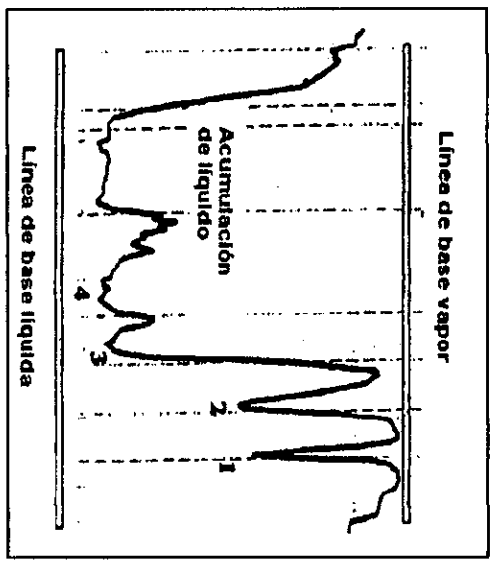
La intensidad de la radiación transmitida es más elevada abajo de los platos pares que debajo de los platos impares. El barrido al nivel de los platos impares atraviesa parcialmente los vertederos y los señales son ligeramente más atenuados. Una mala separación líquido-vapor es observada entre los platos 7 y 8: ligero arrastre líquido desde el plato 8 hasta el plato 7. El nivel de líquido sobre el plato 8 es ligeramente elevado.



El escurrimiento de líquido aparece claramente al nivel del plato 8.

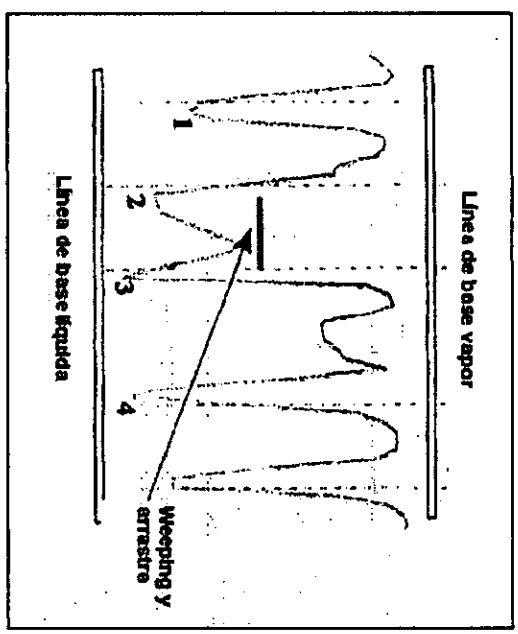
5 – Bloqueo de los vertederos de un plato:

A partir de esto barrido se puede deducir que hay un bloqueo al nivel del vertedero o del plato 3. Esto bloqueo impide el flujo líquido de escurrir normalmente del plato 3 al plato 2. Los platos 1 y 2 son normales, mas el plato 1 tiene menos líquido con relación al plato 2. Una buena separación líquido/vapor es obtenida entre los platos 1 y 2.



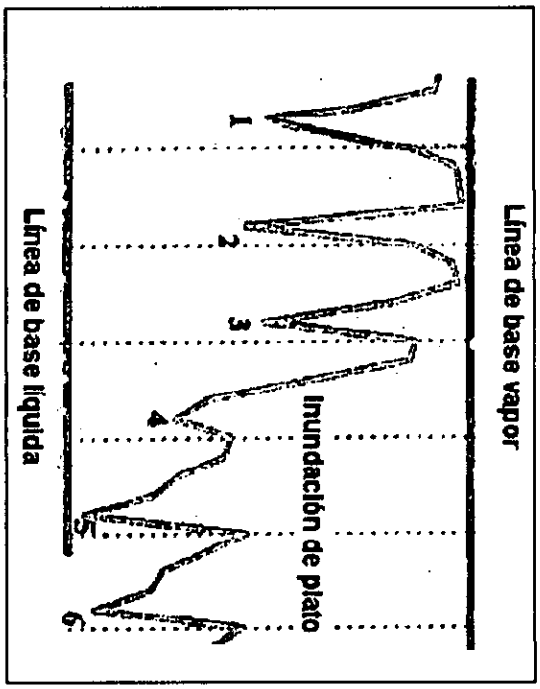
6 – Escurrimiento y arrastre:

Se observa una mala separación líquido/vapor entre los platos 2 y 3. Esto ocurre debido a un bloqueo parcial al nivel del vertedero del plato 3 que puede haber sido causado por un retroceso del vertedero del plato 3. La intensidad entre estos dos platos no vuelve más a la línea de base vapor. El escurrimiento de líquido es también evidente sobre el plato 2.



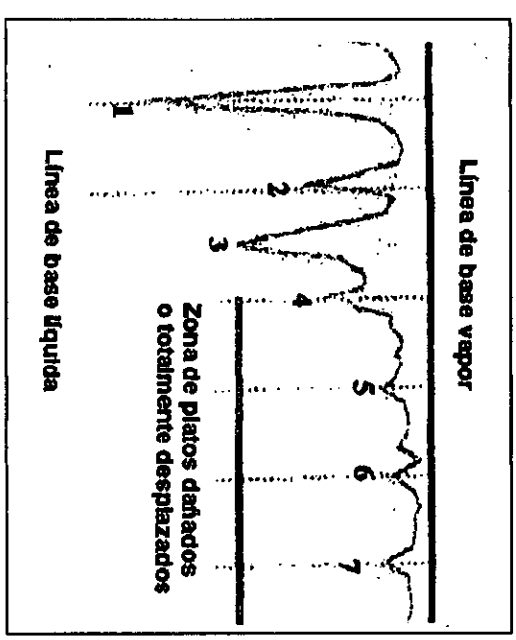
7 – Obstrucción de un plato:

La obstrucción se explica por un exceso de carga líquida



Sobre un plato, un nivel de líquido anormalmente elevado y una mala separación líquido/vapor entre los platos. También en este caso la intensidad de la radiación no vuelve a la línea de base vapor. Los platos 1, 2 y 3 están intactos y tienen una carga líquida normal. Una buena separación líquido/vapor es obtenida en los platos 1 y 2. Los platos 4, 5 y 6 están fuertemente obstruidos.

8 – Colapso, ausencia y/o desplazamiento de un plato (Ejemplo):



El plato 1 está intacto y tiene líquido.

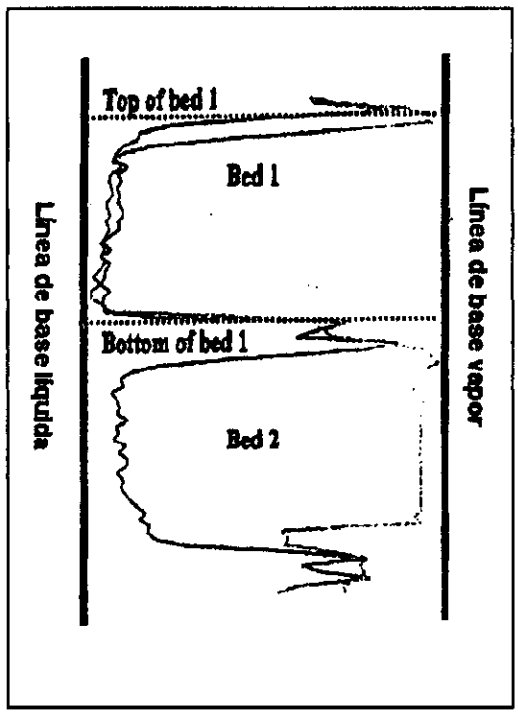
El plato 2 tiene relativamente menos líquido y está parcialmente damnificado.

El plato 3 está intacto con la presencia de un ligero escurrimiento de líquido.

El plato 4 está parcialmente damnificado.

Los platos 5, 6 y 7 están severamente damnificados y han sido completamente desplazados.

9 – Desplazamiento del relleno de un lecho empacado:



A partir de este perfil se puede ver que el lecho 2 (línea a la derecha) se ha desplazado en parte: la línea a la izquierda está intacta. Al contrario, el lecho 1 está intacto en los dos barridos.

IV. Informe del scan

El informe debe generalmente contener una presentación inicial de la columna escaneada (referencia en la cadena de producción y características), bien como una descripción de los ensayos efectuados (número de barridos a los platos).

Los resultados gráficos deben ser presentados enseguida juntamente con las respectivas interpretaciones y, finalmente, una tabla recapitulativa por plato y un resumo de las principales observaciones y de los problemas eventualmente encontrados al nivel de la columna.

Sumario de un informe de escáner:

I. Introducción
II. Características de la columna
III. Investigaciones efectuadas
IV. Tabla recapitulativa de los resultados para cada plato
V. Síntesis de las investigaciones efectuadas
VI. Anejo

IV. Glosario:

Destilación: es el proceso de separación de dos o más componentes de una mixtura líquida debido a la diferencia de grados de volatilidad entre los diferentes componentes.

Columna: un recipiente cilíndrico vertical empleado para aumentar el grado de separación de una mixtura líquida por destilación o extracción.

Hay varios tipos de platos (platos a contra-corriente):

- **Platos con capucha (bubble-cap tray):** es el modelo más empleado en la industria del petróleo. Actualmente construida de acero, sus calotas aseguran un mejor contacto entre el líquido y el vapor. Un plato de calotas es también caracterizado por su facultad de adaptación en grande medida a las variaciones de caudal líquido y de vapor.

- **Platos perforados con vertederos (sieve trays):** este tipo de platos tiene un desempeño menos eficiente y solo permite variaciones de caudal muy pequeñas entorno del caudal óptimo. El es por veces utilizado en los casos de alimentación que tienden a producir depósitos sólidos o a polimerizar en el interior de la columna.

- **Platos de válvulas:** son platos perforados en los cuales los orificios están próvidos de válvulas. La altura de sobre-elevación de estos últimos es función del caudal de vapor que sale horizontalmente en el líquido.

Columna empaquetada (packed bed column): columna constituida de uno o más lechos rellenados/empaquetados asegurando la separación de dos o más componentes de una mixtura.

Obstrucción/Inundación (Flooding): ocurre una obstrucción (con inundación) al nivel del plato de una columna de destilación cuando se pasa un arrastre excesivo de

líquido o una obstrucción que cause una acumulación de líquido sobre los platos. Cuando estos fenómenos se producen, el líquido no consigue más en descender por la columna abajo.

Arrastre de líquido (Entrainment): la capacidad hidráulica de un plato es limitada por dos fenómenos: exceso de arrastre de líquidos y sobrecarga en los vertederos. El arrastre de líquido se manifiesta por una zona de burbujas, correspondiente al arrastre de minúsculas goticuelas entrañadas por el vapor.

Emulsificación (foaming): el nivel del líquido sobre un plato es muy agitado en consecuencia del escape de burbujas de vapor que airean el líquido y pueden en algunos casos formar emulsiones (espumas).

Escurrimiento de líquido (weeping): las goticuelas de líquido decantan en el espacio vapor entre dos platos. Es el fenómeno inverso del arrastre de líquido.

ANEXOS

PROTOCOLOS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

CGM NUCLEAR S.A.

SERVICIOS INDUSTRIALES

PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE ESCANER CON RADIACIÓN GAMMA

ID Columna: _____

Verificación LUDLUM (contador)

- Verificación de las dos baterías.
- Verificación de la alta tensión (1kV).
- Verificación del cabe de conexión Ludlum-Detector.
- Verificación del nivel de conteo.

Verificación Computador

- Verificación de las dos baterías principales y de la batería pequeña.
- Verificación de la instalación del DeLogger.
- Verificación de la comunicación Ludlum-PC.

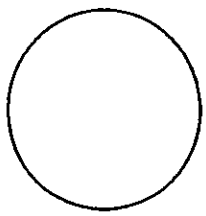
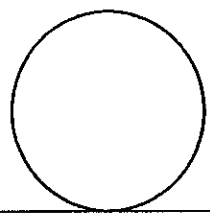
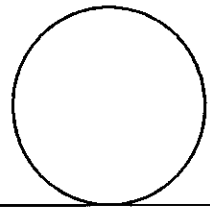
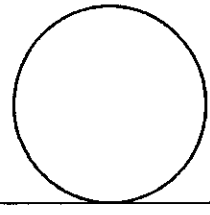
Montaje del equipo y verificación del conteo con una fuente ^{137}Cs con actividad de 0.5 mCi

Distancia (cm)	Conteo (cps)

Itens	Observaciones
Caja ❑ Detector de centelleo ❑ PC ❑ Blindaje: colimador panorámico ❑ Cintas métricas flexibles (2) ❑ Conectores de cables (>4) ❑ Cable coaxial flexible (50 m) ❑ Cable coaxial de acero (50 m) ❑ Cable DB.9 (ligación con PC) ❑ Cable guía de acero (2) ❑ Manillas (2) ❑ LUDLUM **Fuente** ❑ Radioelemento + actividad **Radioprotección** ❑ Radiómetro ❑ Hasta con pinza ❑ Cordeles ❑ Paños **Seguridad** ❑ Vestimentas ❑ Calzados ❑ Cascos ❑ Guantes ❑ Cordeles de seguridad **Documentos** ❑ Dibujos mecánicos ❑ Cuadernos de anotaciones con suporte ❑ Bolígrafos y marcadores **Casa de herramientas** ❑ Batería de recarga para PC ❑ Doble metro ❑ Tiza **Otros** Walkie-talkies	

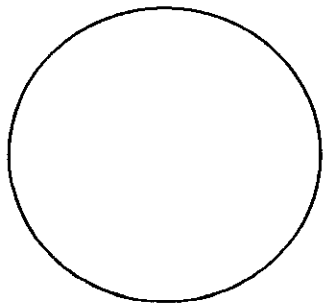
	Naturaleza de la parte examinada	Diámetro externo (mm)	Espesura de la pared (mm)	Naturaleza de los componentes
Características de la columna				

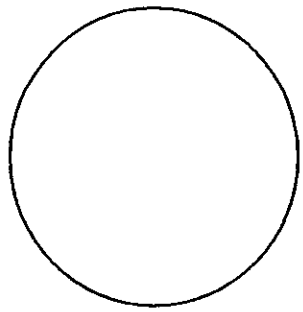
Fuente	Naturaleza	Actividad (mCi)	Blindaje de plomo (mm)	Observaciones

Configuraciones de las líneas de barrido	Orientación del barrido	Observaciones
		
		
		
		

PROTOCOLO DE EJECUCIÓN DE ERG

ID Columna: _____

<table>
<tr><td colspan="4">EJECUCIÓN DEL BARRIDO N° 1</td><td colspan="2">Fecha:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Características de la columna</td><td>Naturaleza del sector estudiado</td><td>Diámetro exterior (m)</td><td>Espesura de la pared (mm)</td><td>Temperatura (°C)</td><td>Naturaleza de los componentes</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Fuente</td><td>Naturaleza</td><td>Actividad (mCi)</td><td>Blindaje Pb (mm)</td><td colspan="2">Observaciones</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Configuración de la línea de barrido</td><td colspan="3" rowspan="2">  </td><td colspan="2">Punto de referencia</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Escoja de accesorios</td><td colspan="3">Fuente</td><td colspan="2">Detector</td></tr>
<tr><td colspan="3">❑ Cable metálico para guía
❑ Cinta métrica metálica
❑ Cinta métrica plástica</td><td colspan="2">❑ Cable metálico guía
❑ Cinta métrica metálica
❑ Cinta métrica plástica</td></tr>
<tr><td colspan="6">Hora de inicio: 10:05</td></tr>
<tr><td colspan="6">Hora de finalización: 12:10</td></tr>
<tr><td>CGM Nuclear S.A.</td><td colspan="3">Nombres</td><td colspan="2">Tareas</td></tr>
</table>

EJECUCIÓN DEL SCAN N° 2				Fecha:	
Características de la columna	Naturaleza del sector estudiado	Diámetro exterior (m)	Espesura de la pared (mm)	Temperatura (°C)	Naturaleza de los componentes
Fuente	Naturaleza	Actividad (mCi)	Blindaje Pb (mm)	Observaciones	
Configuración de la línea de Barrido				Punto de referencia	
Accesorios	Fuente			Detector	
	❑ Cable metálico para guía ❑ Cinta métrica metálica ❑ Cinta métrica plástica			❑ Cable metálico guía ❑ Cinta métrica metálica ❑ Cinta métrica plástica	

Hora de inicio:

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

Hora de finalización:

Personal	Nombres	Tarea
	• ..... • ..... • ..... •	

<table>
<tr><td colspan="4">EJECUCIÓN DEL SCAN N° 3</td><td colspan="2">Fecha:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Características de la columna</td><td>Naturaleza del sector estudiado</td><td>Diámetro exterior (m)</td><td>Espesura de la pared (mm)</td><td>Temperatura (°C)</td><td>Naturaleza de los componentes</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Fuente</td><td>Naturaleza</td><td>Actividad (mCi)</td><td>Blindaje Pb (mm)</td><td colspan="2">Observaciones</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Configuración de la línea de barrido</td><td colspan="3" rowspan="2"></td><td colspan="2">Punto de referencia</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Escoja de accesorios</td><td colspan="3">Fuente</td><td colspan="2">Detector</td></tr>
<tr><td colspan="3">❑ Cable metálico para guía
❑ Cinta métrica metálica
❑ Cinta métrica plástica</td><td colspan="2">❑ Cable metálico guía
❑ Cinta métrica metálica
❑ Cinta métrica plástica</td></tr>
<tr><td colspan="6">Hora de inicio:</td></tr>
<tr><td colspan="3">• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....</td><td colspan="3">• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....
• .....</td></tr>
<tr><td colspan="6">Hora de finalización:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Equipo de estudio</td><td colspan="3">Nombres</td><td colspan="2">Tareas</td></tr>
<tr><td colspan="3">• .....
• .....
• .....
• .....</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

PROTOCOLO DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Columna de destilación.....

RESULTADOS DEL SCAN N°	Fecha:
PERFIL DEL SCAN	
RESULTADOS DEL SCAN N°	**Fecha:**
INTERPRETACIONES DEL SCAN	

RESULTADOS DEL SCAN N°				**Fecha:**
TABLA RECAPITULATIVA POR PLATO				

PROCEDIMIENTO PARA LA GENERACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES DE LOS SERVICIOS INDUSTRIALES DE CGM NUCLEAR S.A.

PROCEDIMIENTO PARA LA GENERACIÓN Y ENTREGA DE INFORMES CGM NUCLEAR SERVICIOS INDUSTRIALES

1. OBJETIVO

Definir las responsabilidades y establecer una metodología para el desarrollo de generación y entrega de informes técnicos al cliente.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a la operación y entrega de los informes emitidos por Servicios Industriales de CGM Nuclear S.A.

3. RESPONSABILIDADES

a. Jefe de división

- Verificar informes tanto de terreno como finales (o ejecutivos según corresponda)
- Informar servicios no conformes
- Verificar la consistencia de los datos contenidos en los registros de servicio.
- Revisar y otorgar el V°B° a los registros de servicios.
- Elaborar y firmar informes finales.
- Verificar el mantenimiento de los archivos de respaldo en la carpeta de cliente, para los informes emitidos.
- Debe asegurar que:
  - Se mantengan los registros en la carpeta de cliente.
  - Se realice el despacho de informes a los clientes

b. Inspector / Ensayista

- Elaborar informes de servicios cuando corresponda
- Realizar correcciones solicitadas por el Jefe de División, si corresponde
- Elaborar informe de servicios cuando corresponda

c. Soporte de Control Operacional

- Mantener los registros generados por el servicio en las carpetas del cliente.
- Despacho de informes técnicos al cliente
- Entregar número correlativo de informe al Inspector o al Jefe de División.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

- Computador
- Correo electrónico
- Fax

5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

a. El inspector de CGM entrega los registros de inspección de terreno al Jefe de División, según procedimiento P2 "Ejecución del servicio", para su revisión.
En el caso de haber subcontratado el servicio, el Jefe de División recibe el informe de servicio del subcontratista para su verificación

b. Una vez entregados los registros de Terreno al Jefe de División, éste verifica los servicios de acuerdo a cada uno de los puntos de la norma o especificación técnica y de acuerdo a la situación contractual correspondiente al producto a informar técnicamente. En el caso de informes de ensayos subcontratados, se verifica la conformidad de los resultados.

c. En caso de existir *no conformidad* en la información, el Jefe de División apunta estas en los mismos registros de acuerdo a las pautas de ***"Procedimiento para servicios no conformes"*** y clarifica la situación con el inspector o el proveedor de servicios subcontratados, según sea el caso. Para el caso de servicios subcontratados, de verificarse una No conformidad, además de solicitar la verificación del servicio y del informe, se procederá de acuerdo al caso.

d. En conformidad, el Jefe de División otorga el V°B° a los registros de terreno y se procede a la elaboración del informe del servicio, para lo cuál se solicitará al Soporte de Control Operacional un número correlativo de acuerdo a la carpeta de cliente, ya sea 01 primer servicio o 02 segundo servicio y así sucesivamente junto con un código que reconoce al cliente (según Anexo A) y se confecciona el informe con la información mínima especificada en el Anexo B.

a. Luego se verifica si el informe cumple o no con los *Requerimientos de aprobación*.

   NOTA: Los *requerimientos de aprobación / rechazo* aplicables para la aprobación del informe, se encuentran establecidos en las normas y/o especificaciones técnicas propias de cada servicio, situación contractual de ensayos y/o en los criterios de CGM Nuclear, recopilados y establecidos en los correspondientes instructivos.

b. Elaborado el informe, el Jefe de División los firma y entrega estos documentos al Gerente de la División, quien los revisa.

c. Si no existe conformidad respecto de la documentación, el Gerente de la División confirma con el Jefe de División las no conformidades; si así corresponde en el caso de los informes finales, los anula, colocando la palabra NULO, firma y fecha, solicitando la elaboración de un nuevo informe final, con las correspondientes correcciones.
   En este caso se identifican las no conformidades procediendo de acuerdo a las pautas del procedimiento ***"Procedimientos para servicios no conformes"***.

d. Toda corrección o adición al informe después de ser emitido, se realizan en un nuevo documento, indicando que este informe se anula y reemplaza al anterior.

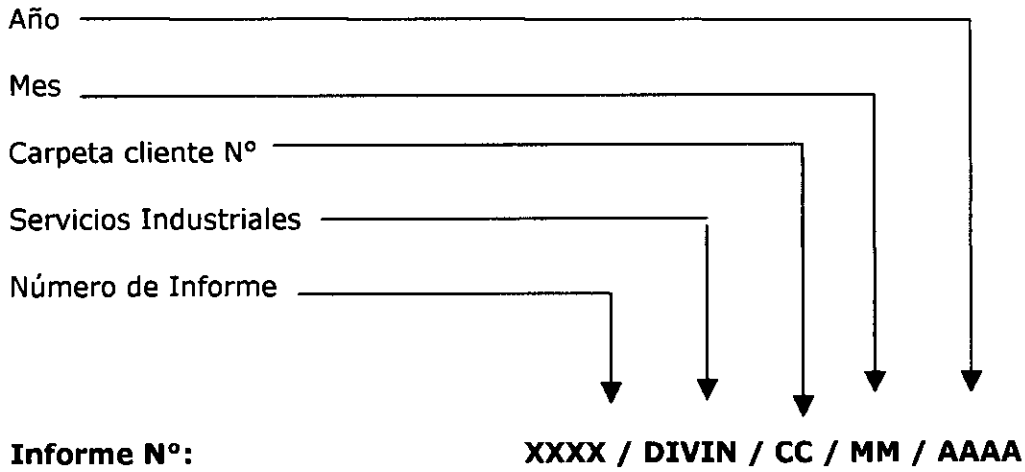
e. En conformidad, el Gerente de División o el Jefe de División, entrega los informes y toda la documentación generada / recibida de la operación, al Soporte y Control de Operaciones, para su despacho al cliente. Copia de esta documentación es archivada en la carpeta de cliente.

f. Para el caso de uso indebido de los informes finales, la Servicios Industriales de CGM Nuclear S.A. tomará todas la medidas necesarias para evitar este problema.

e. ANEXO

Anexo A: Generación de número correlativo de Informe Final
Anexo B: Contenido mínimo de un Informe

Anexo A: Generación de número correlativo de informe final



Anexo B: Contenido de informes

En los informes se debe considerar a lo menos la siguiente información:

- Nombre legal completo de la empresa
- Identificación del número de informe
- Normas y/o especificaciones técnicas del servicio
- Fecha de emisión del informe
- Cliente y mandante
- Alcance del servicio
- Características técnicas
- Resultados y/o datos
- Lugar de inspección
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Firma Inspector y Jefe de División (en su defecto, Gerente de opraciones)