



## 2. RESUMEN EJECUTIVO

El Diagnostico Ambiental, que a continuación se presenta tiene como objetivo evaluar las condiciones ambientales por la operación del proyecto, así como identificar, predecir y prevenir las alteraciones ambientales provocadas por las diferentes actividades del mismo. El proyecto se denomina **“Instalaciones del Centro Nacional de Desechos Radiactivos”** localizado en 29 calle 21-12 zona 12, Ciudad de Guatemala.

Se realizó a requerimiento del proponente, para dar cumplimiento con lo que para el efecto establece el Decreto Legislativo 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tomando como base los Términos de Referencia para la Elaboración de un Diagnostico Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

El Centro Nacional de Desechos Radiactivos, (CENDRA), de la Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas, funciona desde 1996 y es reconocido a nivel internacional por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para realizar la gestión de todos los desechos radiactivos generados en el país por las actividades médicas, industriales y de investigación que impliquen el uso de material radioactivo o fuentes generadoras de radiación ionizante.

Para dar cumplimiento con lo establecido en el la Ley Nuclear, Decreto 11-86 y sus reglamentos, donde se definen los sujetos de aplicación del Ministerio de Energía y Minas de poner a disposición de los usuarios los servicios que les permitan cumplir con las disposiciones legales.

El CENDRA surgió de las necesidades siguientes: Centralizar los desechos radiactivos, Almacenar fuentes radiactivas en desuso o “abandonadas”, Proteger al público de las radiaciones ionizantes por accidentes involuntarios o provocados y Evitar el terrorismo nuclear (bombas sucias)

Ocupa un área total de 124.32 m<sup>2</sup> y se dispone de la siguiente infraestructura física para procesar diversos tipos de desechos radiactivos y fuentes de radiación ionizante

- Depósito para desechos de alta actividad
- Depósito para desechos de baja y media actividad
- Área de Inmovilización para bultos acondicionados

### 3. INTRODUCCIÓN

La metodología para la realización del presente estudio consistió en realizar visitas al área en donde se ubica el proyecto para verificar las actividades que se realizan, determinación de los posibles impactos que se pueden ocasionar al medio ambiente sean estos de carácter positivo o negativo, recopilación y análisis de información relacionada con el entorno ambiental al área que incluye información relevante para el proyecto, de carácter hidrológico, geológico, de uso del suelo, climático y zonas de vida. Elaboración del informe final de la evaluación realizada, en términos del Reglamento vigente del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el cual será de utilidad para la autoridad competente, así como para el responsable del proyecto.

El presente documento se realiza con fin de cumplir con las normas legales del país, el Decreto Legislativo 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tomando como base el Reglamento de la Dirección de Gestión Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Los objetivos del Diagnostico Ambiental son los siguientes:

- Identificar las principales actividades derivadas de la operación que puedan ocasionar impactos negativos al ambiente, así como los posibles impactos positivos esperados.
- Determinar la factibilidad ambiental del proyecto, es decir: garantizar que el proyecto sea compatible, en todas sus fases, con la preservación del medio ambiente.
- Determinar y predecir la magnitud de los posibles impactos que pueden generarse por las actividades de la operación del mismo sean estos de carácter positivo o negativo, así como las significancias de los mismos, en particular de los adversos.
- Indicar posibles medidas de mitigación de impacto ambiental en el caso de los impactos negativos detectados, así como la propuesta general de los planes de contingencia, seguridad humana y ambiental que le sean aplicables al proyecto.

**4. INFORMACIÓN GENERAL**

4.1 Nombre del Proponente

**Ministerio de Energía y Minas**

4.2 Número de Identificación Tributaria (NIT)

**337793-8**

4.3 Representante Legal:

**Edwin Ramón Rodas Solares  
Vice Ministro Energía y Minas  
Área Energética**

4.4 Dirección del Proyecto

**24 calle 21-12 zona 12  
Municipio de Guatemala.**

4.5 Domicilio para recibir notificaciones:

**Diagonal 17, Las Charcas 29-78 zona 12  
Teléfono: 2419 6464**

4.6 Profesional Elaboración Documento

**Ing. Hugo A. Berganza Aldana  
Licencia No. 685**

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La radiactividad se define como la propiedad que presentan los núcleos de algunas especies atómicas de desintegrarse espontáneamente con emisión de partículas y radiación electromagnética (radiaciones ionizantes).

La suma total de neutrones y protones en un átomo se llama Número Másico y el número de protones se llama Número Atómico. El número atómico coincide normalmente con el número de electrones del átomo, lo que hace que éste sea eléctricamente neutro. La naturaleza química de un elemento, está caracterizada por su número atómico, es decir, el número de protones existentes en el núcleo. Esto se debe a que las propiedades químicas dependen de los electrones orbitales en torno del núcleo, y el número de éstos es necesariamente igual al de protones ya que el átomo es eléctricamente neutro. En consecuencia, átomos con el mismo número de protones (número atómico), pero diferente número de neutrones (número másico diferente) son químicamente iguales, pero sus características nucleares son diferentes.

A estas especies atómicas con el mismo número atómico y diferente número másico se les denomina *isótopos*. La descompensación entre el número de neutrones y protones y las fuerzas de atracción y repulsión de las partículas que forman el núcleo atómico hace que, en algunos isótopos de ciertos elementos, exista una inestabilidad que se traduce en un exceso de energía acumulada en el núcleo. Estos nucleidos inestables reciben el nombre de *radionucleidos* debido a que eliminan su exceso de energía emitiendo radiaciones mediante un proceso que se denomina *radiactividad*.

Los nucleidos radiactivos se desintegran espontáneamente con una velocidad determinada y constante, que depende de la naturaleza del nucleido. El núcleo inestable emite una radiación característica, transformándose de este modo en un núcleo diferente, que también puede ser radiactivo. A medida que se va produciendo la desintegración, los átomos de un determinado radioisótopo de una masa de sustancia radiactiva irán disminuyendo. Al periodo de tiempo que transcurre hasta que su número original se haya reducido a la mitad, se le llama *periodo de semidesintegración*. Los periodos de semidesintegración para las distintas sustancias radiactivas varían desde la millonésima de segundo hasta millones de años.

Tipos de radiaciones:

Las radiaciones se dividen, según sea el grado de inestabilidad del nucleido, en tres tipos diferentes:

- *Radiación Alfa ( $\alpha$ )*,
- *Radiación Beta ( $\beta$ )*
- *Radiación Gamma ( $\gamma$ )*.

### Radiación Alfa:

Este tipo de radiaciones se producen al desprenderse del núcleo dos protones y dos neutrones. Es una emisión de partículas cargadas positivamente, que son idénticas a los núcleos de helio.

Dado que las partículas tienen mucha masa, su capacidad de penetración en la materia es muy baja ya que solamente son capaces de atravesar unos centímetros de aire y se absorben por la piel o por una hoja de papel. Asimismo, por estar cargadas positivamente, en su interacción con otros átomos se desprenden gran número de electrones orbitales y por lo tanto, la pérdida de energía por unidad de longitud recorrida es grande.

### Radiación Beta

Se produce cuando el radionucleido emite un electrón tras convertirse un neutrón en protón. Por lo tanto en una desintegración el núcleo resultante tiene un neutrón menos y un protón más que su progenitor, quedando pues inalterado su número másico. La densidad de ionización producida por la radiación  $\beta$  es menor que la producida por la radiación  $\alpha$ , dado que la primera posee una menor masa y mayor velocidad en su recorrido. Por el contrario su penetración es mayor ya que son capaces de atravesar un metro de aire absorbiéndose en unos dos centímetros de agua o de tejidos biológicos.

### Radiación Gamma

Es una radiación de naturaleza electromagnética, es decir, de idéntica naturaleza que la luz visible, ultravioleta o los rayos X, y por lo tanto no posee carga. Estas radiaciones se producen cuando un átomo en estado excitado se libera de energía para pasar a su estado fundamental, mediante la emisión de fotones que constituyen las radiaciones.

Las radiaciones Gamma, a diferencia de las Alfa y Beta, producen ionización indirecta, liberando electrones de los átomos con los que interaccionan, ionizándolos. El poder de penetración de estas radiaciones es grande, ya que únicamente son desviadas o neutralizadas por impacto con los electrones orbitales. Tiene un poder penetrante de unos doscientos metros en el aire y cuarenta centímetros en el suelo.

### La radiación natural

El hombre ha estado siempre expuesto a fuentes naturales de radiaciones ionizantes, rayos cósmicos, minerales y materiales radiactivos que se hallan en la corteza terrestre, en el aire, e incluso en alimentos. A estas radiaciones se les denomina *radiación de fondo* o *radiación natural*.

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) estudia de forma regular las dosis debidas a las fuentes naturales, estimando un valor medio mundial para un habitante adulto de 2,4 mSv (La unidad de medida de la dosis efectiva que se emplea para representar el efecto de las radiaciones sobre el ser humano se denomina Sievert

y tiene en cuenta tanto el tipo de radiación de que se trata como los órganos del cuerpo afectado. También se utiliza el Rem ( $1\text{Rem} = 10\text{ mSv}$ .)

Además de las radiaciones de origen natural el hombre está expuesto a fuentes de radiaciones que él mismo ha creado: aplicaciones de radioisótopos en medicina, industria e investigación, producción de energía eléctrica y todos los residuos que estas actividades comportan.

Estos elementos radiactivos y parte de los materiales y equipos que intervienen en los procesos en los que son utilizados, dejarán de tener aplicación cuando alcanzan el final de su utilización en una actividad determinada. Llegado ese punto, estos materiales pasan a considerarse como residuos radiactivos, lo que debe conllevar una serie de actuaciones para conseguir el almacenamiento seguro de este tipo de residuos.

Los isótopos radiactivos se presentan en alguna de las cuatro formas siguientes:

- Radioisótopos no encapsulados: Comprende radioisótopos, bajo cualquier forma física, contenidos en recipientes cerrados pero no sellados.
- Fuentes radiactivas encapsuladas: El material radiactivo se encuentra dentro de cápsulas o recintos herméticamente cerrados y por lo tanto protegidos de todo contacto o fuga.
- Generadores de radiaciones: Aparatos que utilizando una fuente de energía eléctrica producen radiaciones ionizantes. (Ejemplo Rayos X).
- Reactores nucleares: Sistemas en los que tiene lugar una reacción en cadena, de forma controlada.

La exposición de los seres vivos a las radiaciones ionizantes produce diversos efectos biológicos a consecuencia de la absorción de la energía de la radiación por el ser vivo. Los cambios producidos pueden estudiarse a nivel celular, de órgano o tejido, o del organismo considerado en su conjunto.

Los efectos biológicos de las radiaciones pueden clasificarse con arreglo a diferentes criterios: los tres más usuales son la clasificación respecto a la relación causa-efecto entre la radiación recibida y los daños que produce; la relación temporal entre el momento en que tiene lugar la irradiación y el momento en el que se manifiestan las lesiones; y, por último, la aparición de los efectos en el individuo que recibió la radiación o en sus descendientes.

En consecuencia: nadie debe recibir nunca una dosis que no sea necesaria; la dosis ha de estar siempre por debajo de unos límites establecidos, que se sabe no son peligrosos; la dosis, aun por debajo de estos límites, ha de ser siempre la mínima posible; en el caso de que una persona desarrolle una actividad en la que

pueda recibir dosis por encima del fondo natural, la dosis debe ser controlada y ha de medirse.

Las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en las diferentes esferas de la actividad humana dan lugar a la generación de desechos radiactivos y fuentes en desuso. Para garantizar que la generación de estos desechos no tenga un impacto no deseado, los mismos deben ser gestionados adecuadamente con arreglo a criterios universalmente aceptados que dan respuesta a los principios fundamentales de seguridad reconocidos [SF-1].

Para efectos legales y reglamentarios, los desechos radiactivos pueden definirse como materiales que contienen radionuclidos, o están contaminados por ellos, en concentraciones o actividades superiores a los niveles de dispensa establecidos por el órgano regulador, y para los cuales no se prevé ningún uso.

Todas las actividades administrativas y operacionales necesarias para la manipulación, el tratamiento previo, el tratamiento, el acondicionamiento, el almacenamiento y la evacuación de los desechos de una instalación nuclear. Se considera incluido el transporte, se le denomina Gestión de desechos radiactivos.

La gestión de los desechos radiactivos y las fuentes radiactivas en desuso persigue como objetivo primario interactuar con los mismos con la finalidad de proteger a las personas y el medio ambiente de los efectos nocivos de la exposición a las radiaciones tanto en el presente como en el futuro, de tal manera que no se impongan cargas inaceptables a las futuras generaciones.

En Guatemala, la gestión de los desechos radiactivos y las fuentes en desuso está a cargo de la Dirección General de Energía (DGE), perteneciente al Ministerio de Energía y Minas (MEM). A tales efectos, dentro de la Unidad de Aplicaciones Nucleares de la DGE se creó en 1992 el Centro Nacional de Desechos Radiactivos (CENDRA), el cual tiene la responsabilidad de llevar a cabo la gestión centralizada de los desechos radiactivos y las fuentes en desuso generados en el país. Para la realización de sus funciones el CENDRA cuenta con una instalación construida específicamente para la gestión de los desechos y las fuentes y en la cual se realizan las operaciones siguientes:

- Recepción y segregación de desechos radiactivos y fuentes selladas en desuso
- Almacenamiento temporal de desechos sin acondicionar, ya sea en espera del tiempo de decaimiento para su posterior liberación o en espera de que sean gestionados
- Dispensa de los desechos radiactivos y evacuación de los materiales dispensados
- Acondicionamiento de desechos y fuentes en desuso
- Almacenamiento temporal de desechos y fuentes selladas en desuso acondicionadas.

### 5.1 Síntesis General del Proyecto

El Centro Nacional de Desechos Radiactivos, (CENDRA), de la Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas, funciona desde 1996 y es reconocido a nivel internacional por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para realizar la gestión de todos los desechos radiactivos generados en el país por las actividades médicas, industriales y de investigación que impliquen el uso de material radioactivo o fuentes generadoras de radiación ionizante.

Para dar cumplimiento con lo establecido en el la Ley Nuclear, Decreto 11-86 y sus reglamentos, donde se definen los sujetos de aplicación del Ministerio de Energía y Minas de poner a disposición de los usuarios los servicios que les permitan cumplir con las disposiciones legales.

El CENDRA surgió de las necesidades siguientes:

- Centralizar los desechos radiactivos
- Almacenar fuentes radiactivas en desuso o "abandonadas"
- Proteger al público de las radiaciones ionizantes por accidentes involuntarios o provocados
- Evitar el terrorismo nuclear (bombas sucias)

Ocupa un área total de 124.32 m<sup>2</sup> y se dispone de la siguiente infraestructura física para procesar diversos tipos de desechos radiactivos y fuentes de radiación ionizante

- Depósito para desechos de alta actividad
- Depósito para desechos de baja y media actividad
- Área de Inmovilización para bultos acondicionados

En las instalaciones del CENDRA se encuentran almacenados:

- Desechos históricos de aplicaciones en la investigación;
- Fuentes en desuso provenientes, en lo fundamental, de las aplicaciones médicas y de la industria;
- Pequeños volúmenes de desechos de vida media muy corta que se gestionan aplicando los niveles de dispensa;
- Pequeños volúmenes de desechos líquidos de vida media larga;

- Fuentes en desuso acondicionadas empleando la tecnología desarrollada por el OIEA (agujas de radio).

El reglamento de desechos radiactivos vigente clasifica los desechos en dos grupos:

- Desechos de corto período de semidesintegración (hasta 60 días) y
- Desechos de largo período de semidesintegración (más de 60 días).

Esta clasificación no se adecua a los requerimientos actuales de la gestión de los desechos en el país, por lo que el proyecto de nuevo reglamento de desechos, que está en proceso de aprobación, considera una nueva clasificación, la cual viene aplicándose en la gestión de los desechos que realiza el CENDRA.

Según su nivel de actividad, los desechos se clasifican en:

- I) Desechos desclasificables: Materiales que contienen radioisótopos en concentraciones inferiores a los niveles de desclasificación establecidos por la Dirección General de Energía;
- II) Desechos de baja y media actividad y de vida media muy corta: Desechos radiactivos de baja radiactividad (hasta  $10^4$  TBq/m<sup>3</sup>) que contienen radioisótopos de corto período de semidesintegración (menor que cien días). Se espera que la radiactividad decrezca hasta alcanzar los niveles de desclasificación tras un corto periodo de almacenamiento (unos 3 años como máximo, de haber sido generados);
- III) Desechos de baja y media actividad y de vida media corta: Desechos radiactivos que contienen radioisótopos con valores de actividad superiores a los niveles de desclasificación establecidos por la DGE y cuya potencia térmica es inferior a 2 kW/m<sup>3</sup>, con períodos de semidesintegración mayores de cien días y menores que treinta años (para los emisores beta/gamma) y que para los emisores alfa tienen una concentración de actividad inferior a 400 Bq/g como promedio y una actividad total inferior a 4000 Becquerelios por cada bulto de desecho;
- IV) Desechos de baja y media actividad y de vida media larga: Desechos radiactivos que contienen radioisótopos con valores de actividad superiores a los niveles de desclasificación establecidos por la DGE y cuya potencia térmica es inferior a 2 kW/m<sup>3</sup>, que contiene radioisótopos con períodos de semidesintegración superiores a 30 años y que para los emisores alfa tienen una concentración de actividad superior a 400 Bq/g como promedio o una actividad total inferior a 4000 Becquerelios por cada bulto de desecho;

V) Desechos de alta actividad: Desechos con potencia térmica superior a 2 kW/m<sup>3</sup> y concentraciones de radioisótopos de largo periodo de semidesintegración que excedan los 10<sup>4</sup> TBq/m<sup>3</sup>.

Según su período de semidesintegración, los desechos se clasifican en:

Desechos de vida media muy corta: Desechos cuyo período de semidesintegración es inferior a cien días;

Desechos de vida media corta: Desechos cuyo período de semidesintegración es mayor que cien días e inferior a treinta años;

Desechos de vida media larga: Desechos cuyo período de semidesintegración es mayor que treinta años.

Según su estado físico, los desechos se clasifican en:

Desechos gaseosos;

Desechos líquidos: orgánicos o acuosos;

Desechos sólidos: compactables y no compactables.

#### Inventario de Desechos Radiactivos

La mayoría del inventario existente en la instalación consiste en fuentes encapsuladas de americio 241, plutonio 239, cobalto 60, cesio 137, iridio 192, estroncio 90, níquel 63 y radio 226, cuyas actividades y características se detallan en el Anexo.

Aun cuando las instalaciones del CENDRA son capaces de procesar desechos sólidos compactables y no compactables, desechos líquidos orgánicos y acuosos, además de las fuentes selladas en desuso, procedentes de las aplicaciones médicas, industriales y de investigación, en el mediano plazo no se prevé el ingreso a la instalación del CENDRA de volúmenes importantes de desechos, toda vez que las aplicaciones existentes en el país utilizan materiales radiactivos de vida media muy corta que son gestionados por la vía del decaimiento directamente en las instituciones usuarias. De cualquier manera los desechos que pudieran eventualmente recibirse, atendiendo a las aplicaciones existentes, consistiría en desechos con contenidos de yodo 131, yodo 125, tecnecio 99 metaestable, samario 153, carbono 14, tritio, galio 67, talio 201 fundamentalmente. En el caso de las fuentes selladas, aun cuando por las razones expuestas, no se esperan ingresos importantes en el inventario, la instalación pudiera recibir fuentes en un volumen de 3 a 5 m<sup>3</sup> por año para un período proyectado de 10 años. Las fuentes que se prevé pudieran recibirse serían fundamentalmente de cesio 137, cobalto 60, americio 241, estroncio 90 e iridio 192.

En calidad de contenedores para el almacenamiento de los desechos se utilizan bidones metálicos de 200 litros de acero al carbón recubiertos en su interior de pintura epóxica y con una tapadera atornillada para asegurar que quede acomodada al borde del bidón. En el caso de las fuentes de cobalto 60 (cabezales de radioterapia) las mismas no han sido acondicionadas en contenedores sino que han sido acondicionadas mediante cementación en un pozo de concreto.

Para la caracterización radiológica de los desechos radiactivos se dispone de un sistema gamma espectrométrico basado en un detector de centelleo de yoduro de sodio y sistemas para el conteo alfa y beta total. Para la caracterización de los desechos se sigue el procedimiento CENDRA-PC-009 que aparece en el manual de procedimientos de la instalación. A su vez los criterios de aceptación de los desechos radiactivos en el CENDRA se describen en el procedimiento CENDRA-PC-003 que también obra en el manual de procedimientos de la instalación.

El inventario de desechos y fuentes encapsuladas en desuso existente en las instalaciones de almacenamiento del CENDRA se muestra en los Anexos.

Atendiendo a la clasificación antes descrita y aplicada, los desechos almacenados se agrupan de la siguiente manera:

Desechos desclasificables: Desechos líquidos conteniendo carbono 14 y tecnecio 99 metaestable. Están en espera de que se autorice su evacuación por vía convencional.

Desechos de baja y media actividad y de vida media corta: Desechos líquidos conteniendo cobalto 57.

Desechos de baja y media actividad y de vida media larga: Gel recipiente plástico conteniendo yodo 129.

La mayoría del inventario existente en la instalación consiste en fuentes encapsuladas de americio 241, plutonio 239, cobalto 60, cesio 137, iridio 192, estroncio 90, níquel 63 y radio 226, cuyas actividades y características se detallan en el Anexo.

Capacidad de la instalación, actual y proyectada

La capacidad de procesamiento actual de la instalación es de 0.5 m<sup>3</sup> de desechos por año, siendo la capacidad proyectada de 3 a 5 m<sup>3</sup> por año. Sin embargo, debido a lo que manda el artículo 6 del Reglamento de Gestión de Desechos Radiactivos vigente en el país con respecto a la devolución de las fuentes radiactivas en desuso, esta capacidad proyectada puede no ser utilizada en su totalidad. Vida útil proyectada de la instalación de 50 años.

### **5.2 Ubicación Geográfica**

El CENDRA se encuentra localizado dentro de las instalaciones de la Dirección General de Energía un área urbana de la zona 12 de la ciudad de Guatemala.

El área del proyecto se ubica en la 24 calle 21-12 zona 12, Ciudad de Guatemala, en la fracción de la Hoja cartográfica 2059 I denominada Guatemala.

El área de influencia del proyecto está definida por la Zonas 11, 12 y la población del Sur del Municipio de Guatemala.

### **5.3 Ubicación Político-Administrativa**

El proyecto se ubica geográficamente en jurisdicción del municipio de Guatemala del departamento de Guatemala Colinda al norte con Chinautla y San Pedro Ayampuc al este con Palencia; al sur con Santa Catarina Pínula, San José Pínula, Villa Canales, Petapa y Villa Nueva; al oeste con Mixco; Área aproximada conforme estimación del Instituto Geográfico Nacional 228 kilómetros cuadrados.