



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**LA ELECTRÓNICA APLICADA A LA SEGURIDAD FÍSICA  
NUCLEAR**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:**

**SÁNCHEZ CASTILLO FERNANDO**

**DIRECTOR**

**JUAN LUIS FRANÇOIS LACOUTURE**

Ciudad Universitaria, Abril 2015.



# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	3
<b>1. Descripción de la C.N.S.N.S.</b> .....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Misión.....	8
1.3 Visión.....	8
1.4 Estructura Orgánica.....	8
1.5 Atribuciones de la Comisión.....	11
<b>2. Seguridad Física Nuclear</b> .....	15
2.1 Sistema de Protección Física.....	18
2.2 Usos Maliciosos de los Materiales Radiactivos.....	20
2.3 Legislación en México.....	22
<b>3. Descripción del Puesto. Consultor Técnico</b> .....	24
<b>4. Procedimientos de la Seguridad Física Nuclear</b> .....	26
<b>5. Experiencia Profesional</b> .....	28
5.1. Experiencia con los SPF.....	31
5.1.1. Detección.....	32
5.1.2. Retardo.....	37
5.1.3. Respuesta.....	47
<b>Conclusiones</b> .....	52
<b>Glosario</b> .....	56
<b>Fuentes de Consulta</b> .....	59
<b>Anexos</b> .....	63

## **Introducción**

El presente trabajo tiene por objeto presentar la importancia de la ingeniería eléctrica y electrónica aplicada en la Seguridad Física Nuclear tanto en el sector privado como público, desde la parte ejecutora, que incluye el diseño y operación de un sistema de seguridad física hasta la parte del órgano regulador.

Además del papel que juega el ingeniero eléctrico electrónico no sólo con el perfil que posee los conocimientos teóricos y prácticos, sino como el que con esos conocimientos desempeña adecuadamente sus funciones y es capaz de aportar su visión y criterio para una correcta toma de decisiones.

Por ello este trabajo abarca desde los antecedentes del órgano regulador en materia nuclear en México, sus procedimientos para cumplir con la misión y visión que se han propuesto, mi experiencia laboral dentro del mismo en el puesto de Consultor que desempeñé y finalmente mis aportaciones en el área de Seguridad Física dentro del proceso regulatorio de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (Comisión).

Por último se incluyen los logros obtenidos durante mi experiencia profesional dentro de la Comisión, así como las conclusiones de este trabajo.

## **1. Descripción de la C.N.S.N.S.**

La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (C.N.S.N.S.) en adelante “La Comisión”, es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía, con atribuciones asignadas por la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear que dio lugar a su creación. La Comisión responde a compromisos y requerimientos internacionales en las áreas de seguridad nuclear, radiológica y física, así como de salvaguardias.

Es importante conocer desde los acontecimientos que dieron lugar a su creación, hasta la estructura organizacional con la que actualmente cuenta.

### **1.1 Antecedentes**

A continuación se enlistan los principales acontecimientos que han marcado su historia.

- 1955: El 19 de diciembre se crea la Comisión Nacional de Energía Nuclear, organismo encargado de manejar todos los asuntos relacionados con los recursos nucleares, incluyendo las funciones de control y vigilancia de la producción de energía nuclear.
- 1979: El 26 de enero se publica en el Diario Oficial de la Federación, la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, que crea, entre otros organismos, a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, como órgano desconcentrado dependiente de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, con el objeto principal de aplicar las

normas de seguridad nuclear, física, radiológica y salvaguardias, para que el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas se lleven a cabo con la máxima seguridad para los habitantes del país.

- 1982: Con base en el decreto de reformas y adiciones a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de diciembre, la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial cambia su denominación por la de Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, y le confiere nuevas atribuciones a dicha Comisión en adición a las que se ratifican.
- 1985: La expedición el 4 de febrero, de la nueva Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, misma que abroga a la publicada el 26 de enero de 1979, confiere a la Comisión nuevas atribuciones que conducen a la reorganización de las áreas internas, quedando como sigue: La Gerencia de Seguridad Nuclear se integra con tres departamentos, con objeto de coordinar las tareas necesarias para verificar que el funcionamiento de las instalaciones nucleares no represente un riesgo para el ambiente, la salud y los bienes de los habitantes. A la Gerencia de Seguridad Radiológica se le adscriben tres departamentos, teniendo la responsabilidad de dictaminar solicitudes de licencias y autorización para la posesión, uso, transferencia, distribución, almacenamiento, transporte y disposición de material radiactivo. Así mismo, la Gerencia de Tecnología, Reglamentación y Servicios se estructura con dos departamentos, con la finalidad de planear y coordinar la realización de

investigaciones en materia nuclear y radiológica, formulando los documentos técnico-normativos (Reglamento, Guías de Seguridad, etc.), necesarios para la evaluación de las instalaciones nucleares.

- 1989: El 24 de marzo, con el Acuerdo por el que se adscriben orgánicamente las unidades administrativas de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, publicado en el Diario Oficial de la Federación, la Comisión deja de pertenecer a la Subsecretaría de Energía y pasa a depender del Secretario del ramo; dicho cambio no modifica la estructura interna de la Comisión, en virtud de haber respondido satisfactoriamente al logro de sus objetivos.
- 1994: El 11 de noviembre, se publica en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo mediante el cual se delegan en los titulares de las unidades administrativas que se indican, facultades relativas a la elaboración y observancia de las Normas Oficiales Mexicanas, competencia de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, situación por la cual se otorgan facultades al Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias para elaborar y publicar las Normas Oficiales Mexicanas en materia nuclear. Con la finalidad de actualizar la congruencia de las funciones de las instituciones del Gobierno Federal con la realidad de nuestro país, así como la intención de reducir el gasto público que ejercen éstas, se reforma la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicándose la misma en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de diciembre. La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal se

transforma en la Secretaría de Energía, modificando sus atribuciones y su competencia. Por su parte, la Comisión no presenta modificaciones con motivo de tal reforma.

- 1997: El 30 de julio, se publica en el Diario Oficial de la Federación el Decreto que reforma el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía en el artículo 48 fracción VI en el que indica que la Dirección General de Seguridad y Protección al Ambiente apoyará a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y a la Dirección General de Recursos Energéticos y Radiactivos, en el cumplimiento de sus atribuciones, relativas a cuidar que la exploración, explotación y beneficios de minerales radiactivos, el aprovechamiento de los combustibles nucleares, los usos de la energía nuclear y, en general, las actividades relacionadas con la misma, se lleven a cabo con apego a Normas Oficiales Mexicanas sobre seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radiactivas de manera que se eviten riesgos a la salud humana y se asegure la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en los términos de la legislación aplicable.
- 2001: El 4 de junio, se publica en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía vigente, sin cambios en cuanto a las atribuciones específicas que establece la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y demás disposiciones jurídicas aplicables, para la Comisión.

- 2004: El 26 de enero, se publica en el Diario Oficial de la Federación la modificación al artículo 33 del reglamento interno de la Secretaría de Energía, donde se estableció la adscripción de todos los órganos desconcentrados del sector energía al Secretario del ramo, para acordar los asuntos a su competencia.

## **1.2 Misión**

Regular la seguridad nuclear, radiológica, física y las salvaguardias del uso de la energía nuclear para proteger la salud de la población y el ambiente, así como atender los compromisos internacionales en el uso pacífico de la energía nuclear.

## **1.3 Visión**

Ser un órgano regulador de reconocida excelencia por la eficacia, eficiencia y transparencia de sus decisiones técnicas que merezca la confianza de la sociedad y constituya un referente en el ámbito nacional e internacional.

## **1.4 Estructura Orgánica**

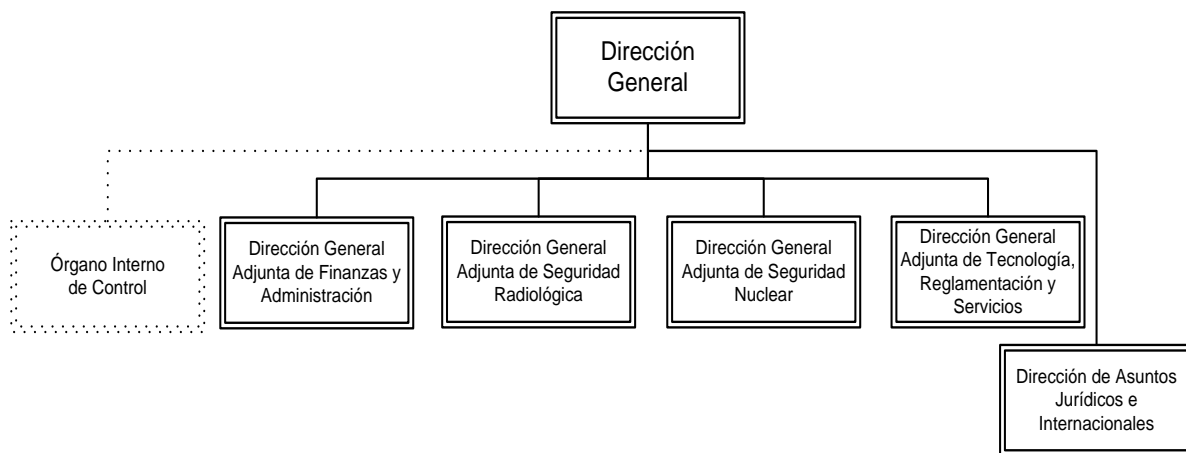
La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, establece que la Comisión estará a cargo de un Director General, mismo que será designado y/o removido por el Secretario de Energía.

Esta ley no indica la organización que la Comisión debe tener, únicamente estipula los requisitos para ocupar el cargo de Director General, que consisten en ser mexicano por nacimiento, que no adquiera otra nacionalidad, estar en pleno goce



y ejercicio de sus derechos civiles y políticos, mayor de 30 años de edad, poseer título profesional, y contar con una experiencia mínima de cinco años en la materia.

Sin embargo, la Comisión cuenta con un Manual de Organización que integra, entre otras cosas, su estructura orgánica, quedando representada gráficamente por las siguientes áreas:



Es importante conocer los objetivos de estas áreas para poder comprender el papel que juega cada una de ellas, en el cumplimiento de la misión y visión de la Institución.

- Dirección General: Conducir y administrar las actividades de la Comisión para el cumplimiento de las atribuciones asignadas en la normativa vigente, así como a lo dispuesto en los programas y proyectos sectoriales.
- Dirección General Adjunta de Finanzas y Administración: Administrar los recursos humanos, financieros y materiales asignados a la Comisión, de

conformidad con la normatividad aplicable y con las políticas establecidas, tramitando o proporcionando oportunamente los servicios que en general se requieran para el mantenimiento y conservación de las instalaciones y sus bienes.

- Dirección General Adjunta de Seguridad Radiológica: Proponer la normatividad en materia de seguridad radiológica y vigilar su aplicación. Mantener el sistema nacional de salvaguardias y el de seguridad física en las instalaciones nucleares y en relación con los materiales nucleares y radiactivos. Operar el sistema nacional de vigilancia radiológica ambiental.
- Dirección General Adjunta de Seguridad Nuclear: Proponer y vigilar la aplicación de las normas y procedimientos de autorización, licenciamiento y vigilancia de las actividades en materia de seguridad nuclear de las instalaciones nucleares, garantizando que no se afecte a los trabajadores, a la población o al ambiente.
- Dirección General Adjunta de Tecnología, Reglamentación y Servicios: Contribuir al soporte técnico en materia de seguridad nuclear, radiológica y física y de salvaguardias a la Comisión, administrar su sistema informático y telemático, así como coordinar su capacitación técnica.
- Dirección de Asuntos Jurídicos e Internacionales: Asesorar, evaluar y dictaminar, en su caso, sobre los distintos aspectos jurídicos nacionales, internacionales y de cooperación técnica, que se relacionan con las funciones de la Comisión, con el fin de que en todo momento asegure jurídicamente los intereses de la misma.

- Órgano Interno de Control: Cumplir y desarrollar las atribuciones y facultades asignadas por los artículos 79 y 80 del Reglamento Interior de la Secretaría de la Función Pública, referentes a las quejas y denuncias por incumplimiento de las obligaciones de los servidores públicos, entre otras.

## **1.5 Atribuciones de la Comisión**

Actualmente la Comisión cuenta con las siguientes atribuciones establecidas en el Artículo 50 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear:

- Vigilar la aplicación de las normas de seguridad nuclear, radiológica, física y las salvaguardias para que el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas se lleven a cabo con la máxima seguridad para los habitantes del país.
- Vigilar que en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos se cumpla con las disposiciones legales y los tratados internacionales de los que México sea signatario, en materia de seguridad nuclear, radiológica, física y de salvaguardias.
- Revisar, evaluar y autorizar las bases para el emplazamiento, diseño, construcción, operación, modificación, cese de operaciones, cierre definitivo y desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas; así como todo lo relativo a la fabricación, uso, manejo, almacenamiento, reprocesamiento y transporte de materiales y combustibles nucleares, materiales radiactivos y equipos que los contengan; procesamiento, acondicionamiento,

vertimiento y almacenamiento de desechos radiactivos, y cualquier disposición que de ellos se haga.

- Emitir opinión, previamente a la autorización que otorgue el Secretario de Energía, sobre el emplazamiento, diseño, construcción, operación, modificación, cese de operaciones, cierre definitivo y desmantelamiento de instalaciones nucleares.
- Expedir, revalidar, reponer, modificar, suspender y revocar, los permisos y licencias requeridos para las instalaciones radiactivas de acuerdo a las disposiciones legales, así como recoger y retirar en su caso los utensilios, equipos, materiales existentes y, en general, cualquier bien mueble contaminado, en dichas instalaciones.
- Recomendar y asesorar respecto de las medidas de seguridad nuclear, radiológica, física, de salvaguardias y administrativas que procedan en condiciones anómalas o de emergencia, tratándose de instalaciones nucleares y radiactivas; así como determinar y ejecutar en estos casos, cuando técnicamente sea recomendable la retención, aseguramiento o depósito de fuentes de radiación ionizante o equipos que las contengan, o la clausura parcial o total, temporal o definitiva, del lugar en que se encuentren o aquellos otros que hayan sido afectados, sin perjuicio de las medidas que adopten otras autoridades competentes.
- Previamente al inicio de operaciones, revisar, evaluar y autorizar los planes que para el manejo de condiciones anómalas o de emergencia deben establecerse en las instalaciones nucleares y radiactivas.

- Establecer y manejar el sistema nacional de registro y control de materiales y combustibles nucleares.
- Emitir opinión previa a la autorización de importaciones y exportaciones de materiales radiactivos y equipos que los contengan, así como de materiales y combustibles nucleares, para los efectos de seguridad, registro y control.
- Proponer las normas, revisar, evaluar y, en su caso, autorizar las bases para el diseño, la construcción, adaptación, preparación, operación, modificación y cese de operaciones de instalaciones para la extracción y tratamiento de minerales radiactivos, así como fijar los criterios de interpretación de las normas aludidas.
- Proponer las normas y fijar los criterios de interpretación, relativos a la seguridad nuclear, radiológica, física y las salvaguardias, en lo concerniente a las actividades a que se refiere el tercer punto de estas atribuciones; así como proponer criterios de seguridad, registro y control que regulen la importación y exportación de los materiales y combustibles nucleares.
- Ordenar y practicar auditorías, inspecciones, verificaciones y reconocimientos para comprobar el cumplimiento y observancia de las disposiciones legales en materia de seguridad nuclear, radiológica, física y de salvaguardias; así como imponer las medidas de apremio y las sanciones administrativas que procedan de acuerdo a las disposiciones de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y sus reglamentos.

- Requerir y verificar la información y documentación que estime pertinente para el ejercicio de las atribuciones que la Ley le confiere, en los términos de las disposiciones aplicables.
- Intervenir en la celebración de los convenios o acuerdos de cooperación que se realicen por la Secretaría de Energía con otras entidades nacionales en materia de seguridad nuclear, radiológica, física y de salvaguardias.
- Establecer los requisitos que deberán satisfacer los programas de capacitación técnica sobre aspectos relacionados con la seguridad nuclear, radiológica, física y de salvaguardias, y asesorar en los mismos.
- Auxiliar a las autoridades encargadas de la prevención, procuración y administración de justicia, en los casos en que los materiales y combustibles nucleares o materiales radiactivos, sean objeto de delito, sufran pérdidas o extravío o se vean envueltos en incidentes, así como a las autoridades aduaneras en los términos de la Ley respectiva.
- Pedir el auxilio de la fuerza pública cuando fuere necesario para hacer cumplir sus determinaciones, en los términos de Ley correspondiente.
- Las demás que se le confieran por la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y en las disposiciones legales en vigor.

## **2. Seguridad Física Nuclear**

En el mundo existen diversos bienes que se desean o se necesitan proteger, debido al valor que tienen o a las consecuencias que podrían presentarse al sufrir una pérdida o un daño de los mismos.

Es por eso, que para poder llevar a cabo la protección de dichos bienes, se aplican diferentes medidas para proteger un blanco en específico, a esto se le conoce como Seguridad Física. En este caso, un blanco es el objetivo fijado, que pueden ser personas, instalaciones, documentos, transportes, etc.

En la actualidad, el medio más eficaz para poder aplicar la Seguridad Física, es utilizando dispositivos electrónicos, esto debido a su precisión, a su exactitud, a sus dimensiones, entre otras razones.

En el caso de la Seguridad Física Nuclear, el blanco son los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, por lo que a raíz del peligro de que puedan ser usados con fines maliciosos, se creó la Dirección de Seguridad Física dentro de la Comisión, para entre otras cosas, regular que las actividades donde se involucran dichos materiales no representen un riesgo para el ser humano o sus bienes.

Para poder entender mejor el concepto de Seguridad Física Nuclear y sus alcances, comenzaré mencionando su objetivo y los pilares que la comprenden.

La Seguridad Física Nuclear tiene como objetivo brindar la protección a los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, las instalaciones donde éstos

se encuentran y durante el transporte de dichos materiales, a fin de evitar la sustracción no autorizada, el sabotaje o cualquier otro ilícito, así como también, lograr la localización y recuperación de los materiales que sean objeto de una pérdida o sustracción no autorizada y mitigar los efectos de sabotaje de los mismos.

Los pilares de la Seguridad Física Nuclear son el evitar el robo de materiales radiactivos, la recuperación de dichos materiales, evitar el sabotaje de los mismos y minimizar y mitigar las consecuencias del sabotaje.

Teniendo en cuenta lo anterior, se destacan tres puntos importantes: el primero es que se deben proteger los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, el segundo es identificar contra qué debemos protegerlos y el tercero son los niveles de protección adecuados.

Respecto a los niveles de protección, existen diversas formas de clasificar las instalaciones radiactivas, dependiendo de diversos criterios como la actividad que se maneja o los riesgos que se podría ocasionar en caso de un acto ilícito.

Cabe aclarar que se considera a las instalaciones radiactivas como aquellas en las que se producen, fabrican, almacenan o usan fuentes radiactivas o dispositivos generadores de radiación ionizante, o en las que se tratan, acondicionan o almacenan desechos radiactivos y estas instalaciones se clasifican como Tipo I o como Tipo II.



Las Instalaciones Radiactivas Tipo I, son aquellas en las que se producen, fabrican, almacenan o usan fuentes selladas o dispositivos generadores de radiación ionizante; en las que se extrae o procesa mineral radiactivo, o en las que se tratan, acondicionan o almacenan desechos radiactivos de niveles bajo e intermedio.

A su vez, las instalaciones Radiactivas Tipo II son aquellas en las que se producen, fabrican, almacenan o usan fuentes abiertas. Estas pueden ser del Tipo IIA, IIB o IIC, considerando el tipo y la actividad del radionúclido que se utilice, así como las operaciones que se lleven a cabo con ellas.

Clasificación de las instalaciones radiactivas tipo II, Clase A, B o C

Radiotoxicidad del radionúclido	Cantidad mínima a considerarse (kBq)	Clasificación de la instalación		
		Tipo II C	Tipo II B	Tipo II A
1. Muy Alta	3.7	370 kBq o menos	de 370 kBq a 370 MBq	370 Mbq o más
2. Alta	37	3.7 MBq o menos	de 3.7 MBq a 3.7 GBq	3.7 GBq o más
3. Moderada	370	37 MBq o menos	de 37 MBq a 37 GBq	37 GBq o más
4. Baja	3700	370 MBq o menos	de 370 MBq a 370 GBq	370 GBq o más

FUENTE: NOM-003-NUCL-1994

Con base en esto, las Instalaciones Radiactivas Tipo II A, son las que requieren de una mayor protección y vigilancia.

Para saber contra qué se debe proteger, es necesario analizar las amenazas que se pueden presentar. “La amenaza es un adversario con la motivación, intención y capacidad para cometer un acto doloso o malintencionado”<sup>1</sup>.

Retomando la amenaza y los niveles de protección, se tiene la Amenaza Base de Diseño (ABD) que son todas esas capacidades, motivaciones y características que tienen los adversarios y que se deben tomar como base, para el diseño y evaluación del Sistema de Protección Física (SPF).

## **2.1 Sistema de Protección Física (SPF)**

El SPF es la integración de personas, procedimientos y equipos para proteger un blanco contra robo, sabotaje u otros actos dolosos o malintencionados. Las principales funciones de este sistema son la detección, el retardo y la respuesta.

Ahora bien, el Estado, representado por la Comisión, es la autoridad encargada de, entre otras cosas, exigir el uso de la ABD para establecer las características que hagan cumplir dichas funciones del SPF.

Para continuar es importante comprender estas funciones, así que comenzaré por explicar la detección, que consiste en el descubrimiento de un intento de penetración o de una penetración en curso. Es desde este punto, que los dispositivos electrónicos comienzan a tener una gran importancia, ya que desde

---

<sup>1</sup> Guía de implementación: *Use and Maintenance of the Design Basis Threat* (Uso y actualización de la amenaza base de diseño), Colección de Seguridad Nuclear No. 10 del OIEA.

las medidas más simples hasta las más sofisticadas, en su mayoría, están basados en la electrónica.

Los detectores captan la presencia de algún intruso al presentarse una variación en sus condiciones de uso normal. En el caso de los dispositivos electrónicos usualmente su referencia es en los niveles de voltaje o resistencia, como por ejemplo los detectores de movimiento, de apertura de puertas, ruptura de ventanas o muros, la presión en el suelo, detectores de temperatura, etc.

Ahora bien, para retrasar el cumplir la meta de los adversarios y dar tiempo a que actúen las Fuerzas de Respuesta, se requieren poner barreras, que pueden ser físicas y/o personal de guardia, cumpliendo así la función del retardo en el SPF.

En cuanto a las barreras físicas, se pueden utilizar puertas, obstáculos o simplemente muros. Lo más común, utilizando la electrónica, son las cerraduras electrónicas, en las cuales se requiere introducir un código específico o la detección biométrica de una persona en particular.

Finalmente, la respuesta son las acciones tomadas después de la detección para evitar que el adversario logre su meta y sea neutralizado. Estas acciones son realizadas por el personal de guardia de las instalaciones y/o por agentes externos, en ambos casos a estos grupos se les conoce como Fuerzas de Respuesta.

Para poder tener una respuesta oportuna, es necesaria una buena comunicación con las Fuerzas de Respuesta, a través de canales de comunicación diversos y confiables, mismos que deben estar armonizados con sus planes y procedimientos. Los medios de comunicación más utilizados son los radios, localizadores, dispositivos con conexión a internet y dispositivos de telecomunicación como teléfonos fijos, mensajes de texto o telefonía móvil.

En el caso de la comunicación con las Fuerzas de Respuesta existen dos métodos. El primero de ellos, teniendo en cuenta que la mayoría de las instalaciones radiactivas cuentan con SPF de empresas privadas con una central de monitoreo, consiste en hacer un primer contacto con dicha central, para que ésta evalúe y establezca si es una alarma real o falsa; en caso de ser real procede a comunicarse con las Fuerzas de Respuesta.

El segundo método de comunicación, es una línea directa con las Fuerzas de Respuesta, para que actúen según los procedimientos que ya tienen establecidos.

## **2.2 Usos maliciosos de los materiales radiactivos**

Los riesgos que existen de que los materiales radiactivos sean utilizados con fines maliciosos (bombas sucias, actos de terrorismo, fines de lucro, extorsión, etc.) son de gran interés y preocupación a nivel mundial.

Se tienen diversos antecedentes que corroboran la peligrosidad de los actos dolosos involucrando materiales radiactivos, de los cuales los dos casos más conocidos donde se han encontrado bombas sucias, son el de noviembre de 1995

en Moscú, Rusia, donde rebeldes chechenos enterraron un paquete con Cesio 137 y explosivos en uno de los parques de la ciudad. El segundo caso, fue el ocurrido en diciembre de 1998 en Argun, Rusia, donde el Servicio de Seguridad de Chechenia encontró un paquete con material radiactivo y una mina explosiva, cerca de una línea de ferrocarril de esa ciudad.

En ambos casos no fueron detonadas las bombas sucias, pero sí mostraron las intenciones y capacidades de causar actos terroristas con este tipo de artefactos.

Como se ha mencionado, desde que se conoce la peligrosidad de los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, la Seguridad Física Nuclear ha ayudado a prevenir que éstos sean utilizados para cometer actos ilícitos. Sin embargo, los hechos ocurridos el 11 de septiembre de 2001 en EE.UU. respecto a la caída de las Torres Gemelas, provocó que la población mundial se concientizara de que se debe tener una mayor seguridad en las actividades donde se involucran los materiales antes mencionados, debido a las consecuencias de actos terroristas.

Estas consecuencias pueden ser enfermedades agudas o quizá la muerte, dosis de radiación al público y a los trabajadores de emergencias, contaminación del área, que puede ser toda una ciudad, y por lo tanto paralizarla, así como perturbaciones económicas, ecológicas, políticas, sociales y sobre todo psicológicas.

Es por ello que tras lo ocurrido el 11 de septiembre de 2001, los gobiernos de diferentes países han trabajado para evitar ataques terroristas con bombas sucias,

tal como ocurrió en enero de 2003 en Herat, Afganistán, donde el Servicio de Inteligencia Británico localizó los planes y diseños de la organización Al-Qaeda para la fabricación de este tipo de bombas. También se logró capturar y condenar a un ciudadano británico en 2006, por conspiración para atacar objetivos en su país y en EE.UU. con bombas sucias.

A nivel mundial, la Seguridad Física Nuclear ha alcanzado una mayor importancia, ya que si es utilizada de forma adecuada, los materiales nucleares y otros materiales radiactivos no serán desviados para fines maliciosos, en especial el terrorismo.

### **2.3 Legislación en México**

El Artículo 22 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear establece que: “La seguridad física en las instalaciones nucleares o radiactivas tiene por objeto evitar actos intencionales que causen o puedan causar daños o alteraciones tanto a la salud o seguridad públicas, como el robo o empleo no autorizado de material nuclear o radiactivo”.

Además: “las instalaciones nucleares y radiactivas deberán contar con sistemas de seguridad física, nuclear y radiológica que satisfagan los requisitos que al respecto se establezcan en otros ordenamientos y en las disposiciones reglamentarias de esta Ley”.

Es claro que el primer párrafo sólo es una definición de Seguridad Física Nuclear, mientras que el segundo indica únicamente que se debe contar con sistemas de

seguridad en las instalaciones, por lo que resulta muy austero basarse en estos artículos para cumplir con el objetivo de la Seguridad Física Nuclear.

Esto hace que a un nivel menor de la ley reglamentaria constitucional se establezcan claramente todas las disposiciones oficiales sobre este tema, es decir, un Reglamento de Seguridad Física Nuclear, sin embargo, en la actualidad no se cuenta con uno.

### **3. Descripción del puesto. Consultor Técnico**

El Gobierno de México, continúa trabajando con el fin de asegurar que se cumpla el objetivo de la Seguridad Física Nuclear. Así que para dar respuesta a las necesidades del país en este tema, la Comisión cuenta con personal capacitado que le ayude a cumplir con dicho fin.

En la Comisión existe el puesto de Consultor Técnico, en el área de Seguridad Física, el cual depende de la Dirección de Seguridad Física y Salvaguardias, que está adscrita a la Dirección General Adjunta de Seguridad Radiológica. Para dicho puesto, la Comisión selecciona al personal que cumple con el perfil solicitado, cuya formación académica sea en el área de Ingeniería y Tecnología, con experiencia en Electrónica, Telecomunicaciones, Seguridad Radiológica, entre otras.

Dentro de los principales objetivos del puesto de Consultor Técnico están el realizar las actividades de vigilancia en todas las instalaciones en donde se involucre el manejo de materiales nucleares y radiactivos y en el transporte de éstos, dentro del territorio nacional, bajo condiciones óptimas de seguridad física, de acuerdo a la normativa vigente, para evitar riesgos a la población, las propiedades y el ambiente.

De igual forma, cumplir con las actividades relacionadas a la Seguridad Física Nuclear, para evitar la sustracción ilícita de material nuclear, radiactivo y el sabotaje de éstos.



Además de ejecutar, bajo supervisión, las inspecciones relacionadas con el área de Seguridad Física Nuclear para comprobar el cumplimiento de la normativa vigente, encargándose de iniciar la elaboración de lineamientos y guías para la normativa en materia de Seguridad Física Nuclear.

Estas inspecciones juegan un papel fundamental para el cumplimiento de la misión y visión de la Comisión, además de ser el objetivo central del puesto, por ello es importante describir su proceso, enfatizando en las funciones del Consultor Técnico, mismas que van desde la planeación hasta la documentación.

#### **4. Procedimientos de la Seguridad Física Nuclear**

Para asegurar que las actividades en donde se involucren materiales nucleares y otros materiales radiactivos sean llevadas a cabo con la mayor seguridad, la Comisión cuenta con diversos procedimientos que norman sus funciones, en donde el área de Seguridad Física es la encargada de realizar, entre otras cosas, inspecciones a instalaciones nucleares y radiactivas, impartición de cursos, asesorías, iniciativas de ley y participación en eventos internacionales en el ámbito de seguridad nuclear.

Las labores a desempeñar en el proceso de inspecciones, consiste en la creación de un programa anual de inspecciones, a cargo del Consultor Técnico, que debe ser aprobado por el Director General Adjunto de Seguridad Radiológica. En este documento se calendarizan las visitas a las diferentes instalaciones nucleares y radiológicas que se encuentran dentro del país.

En el caso particular de las instalaciones nucleares, se programan dos visitas al año a cada una de ellas, mientras que a las instalaciones radiológicas, se visitan regionalmente, dependiendo de las visitas previas que se hayan realizado en años anteriores, tratando de cubrir la mayor cantidad de instalaciones del país en el menor tiempo posible.

Una vez que se tiene el programa anual de inspecciones aprobado, el Consultor Técnico elabora la agenda de inspecciones, en la cual especifica los horarios en los que se visitarán las instalaciones. Esta agenda debe ser aprobada por el

Director de Seguridad Física y Salvaguardias y por el Director General Adjunto de Seguridad Radiológica. Por otra parte, se debe realizar un oficio de notificación a las instalaciones, que deberá firmar el Director General Adjunto de Seguridad Radiológica.

Una vez realizado esto, el Consultor Técnico debe enviar la agenda de inspección y el oficio de notificación a las instalaciones respectivas, para que se pueda llevar a cabo la ejecución de la inspección.

Ésta consiste en realizar una reunión de entrada, en la cual los inspectores (pueden ser el Subdirector de Seguridad Física y/o los Consultores Técnicos) plantean a los representantes de las instalaciones, los fundamentos y las actividades a realizar. Después se procede a realizar la inspección, anotando los hallazgos y finalmente una reunión de salida, donde se informa a los representantes las observaciones encontradas, a fin de notificarlos.

Finalmente, el Consultor Técnico realiza un informe de la inspección y un oficio de transmisión del informe hacia la instalación. Ambos deben ser aprobados por el Director de Seguridad Física y Salvaguardias y por el Director General Adjunto de Seguridad Radiológica.

## **5. Experiencia profesional**

Uno de los objetivos del procedimiento de ejecución de la inspección es revisar que el SPF funcione adecuadamente, que como ya he mencionado, se encuentra estructurado principalmente, por dispositivos electrónicos.

A falta de un Reglamento de Seguridad Física Nuclear en México, que indique las características que deben tener los SPF de cada tipo de instalación nuclear o radiactiva, cuenta mucho la experiencia profesional y los conocimientos teóricos del Consultor Técnico, ya que será a su juicio y criterio si se cuenta con un SPF adecuado.

Cada instalación nuclear y radiactiva cuenta con su propio SPF, por lo que al inspeccionarlas se deben revisar y analizar desde los diseños de su sistema, hasta su correcto funcionamiento.

En la inspección del diseño se revisa que los dispositivos estén acomodados de tal manera que estén protegiendo el blanco, que los principales accesos a éste (puertas, ventanas, conductos de aire, etc.), sean vigilados y que no haya redundancias innecesarias. De igual forma, se constata que las actividades que se llevan a cabo en ese lugar concuerdan con las que se tienen registradas en la Comisión.

Para esto, aproveché mis conocimientos en instalación de alarmas, y así tener un mayor criterio para poder evaluar si los equipos que son usados están organizados correctamente, y de la visión para entender cuál es la lógica que se

debe aplicar para cada una de las instalaciones, dependiendo de las actividades que se realicen en ella.

Por ejemplo, si hay una zona donde transita mucha gente, lo conveniente es que haya un control de acceso más restrictivo a las zonas donde se encuentra el blanco, como por ejemplo un dispositivo para acceder (llaves, tarjetas, etc.), además de un código de acceso. No se puede controlar la gente que fluye pero sí a la que ingrese a las zonas importantes.

En el caso de las redundancias innecesarias, lo que se trata es evitar que algún punto sea vigilado más de lo necesario. Por ejemplo, tener tres cámaras de vigilancia apuntando hacia la puerta, cuando se tienen otros puntos de acceso que no están siendo vigilados.

De igual forma, se inspeccionan los equipos de protección, considerando dos puntos, que los equipos funcionen correctamente y que estén operando para lo que han sido destinados.

Para el primer punto, se realizan pruebas a los equipos de protección para corroborar que funcionan como se tiene establecido. En el segundo punto, lo que se revisa es que los equipos de protección estén encendidos, operando y cumpliendo con el objetivo para el que fueron instalados o colocados en ese lugar. Por ejemplo, una computadora fue instalada con el objetivo de que el personal de seguridad observe lo que las cámaras de vigilancia captan. Al ejecutar la inspección, lo que se corrobora en primera instancia es que tanto las cámaras

como la computadora estén encendidas, conectadas y que el software permita la correcta visualización. Además, se revisa que la computadora se utilice para observar lo que las cámaras de vigilancia captan, ya que ese equipo puede utilizarse para otros fines ajenos a su objetivo (juegos, búsquedas en internet, redes sociales, etc.).

Un método efectivo en la inspección de los equipos de protección, es la realización de simulacros que sirven para evaluar tanto el funcionamiento como la velocidad de respuesta de los equipos, del personal y de los procedimientos que integran el SPF.

Para llevar a cabo un simulacro se pueden dejar abiertas algunas puertas, desconectar equipos de protección, activar los sensores de movimiento y/o los botones de pánico e inclusive realizar impactos en muros o ventanas, con el objetivo de revisar si se activaron las alarmas, si fueron detectadas por el área de evaluación respectiva, si éstos actuaron conforme a sus procedimientos para la evaluación del tipo de alarma (real o falsa) y el tiempo de ejecución del simulacro.

Cabe señalar, que una alarma real es aquella que ha sido activada por la detección de un adversario que representa una amenaza, mientras que una falsa alarma es la que se activa por fallas del sistema o por un agente (que no es un adversario) que ha interrumpido las funciones y operaciones normales de una instalación o durante el transporte del blanco de protección.

## **5.1. Experiencia con los SPF**

Dentro de la inspección, para cumplir las funciones del SPF, se requirió conocer el principio de operación de los equipos que lo constituyen, para identificar las características que deben tener las pruebas y así saber si el equipo funciona adecuadamente, además de poder detectar el posible origen de las fallas. Lo que me llevó a tener un mayor criterio para confirmar el funcionamiento de los equipos y para plasmar, bien fundamentados, los resultados en el informe de la inspección.

Además, se realiza un análisis de las fallas, ya que los usuarios justifican algunas fallas por algún imprevisto o errores que han sido hechos aislados, por lo cual entra ahí el criterio con base en experiencia y conocimientos teóricos. Como se mencionó antes, una parte muy importante, por la cual es conveniente que los inspectores sean ingenieros en electrónica, es para que al detectar una falla se pueda decidir si es por lo que los usuarios afirman o suponen, o si es por alguna otra razón más real.

Como podemos observar, el que los equipos de protección estén operando bien, no es lo único que se debe revisar, es así como corroboramos la importancia de la ingeniería y en especial del área electrónica.

Mientras se realiza la inspección, se debe hacer mención de los hallazgos encontrados, para que los usuarios sepan cuáles son las mejoras que deben realizar, qué es lo que deben corregir o qué deben cambiar, esto con el fin de que estén notificados de las anomalías.

También se realiza la inspección práctica y visual de las instalaciones, es decir, revisar la correcta instalación eléctrica de los equipos de protección, así como las condiciones adecuadas para su uso, como son: la luz del exterior para evitar que interfiera en la visualización adecuada de las cámaras, las condiciones climáticas para identificar posibles riesgos a los equipos de protección, entre otros.

### **5.1.1. Detección**

En el caso de la detección, con los equipos que más trabajé fueron los detectores de movimiento tipo PIR, se le conoce así por sus siglas en inglés de *Passive Infra-Red sensor* (Detector Pasivo Infrarrojo).

Todos los cuerpos con una temperatura mayor al cero absoluto emiten energía de calor en forma de radiación infrarroja y estos detectores reaccionan ante ésta. La radiación infrarroja existe en el espectro electromagnético a una longitud de onda que es más larga que la longitud de onda visible, por lo que las personas no la pueden ver, sin embargo si se puede detectar.

El principio de operación de los detectores tipo PIR consiste en que reciben la variación de las radiaciones infrarrojas del medio ambiente que cubre y son llamados pasivos porque no emite radiaciones.

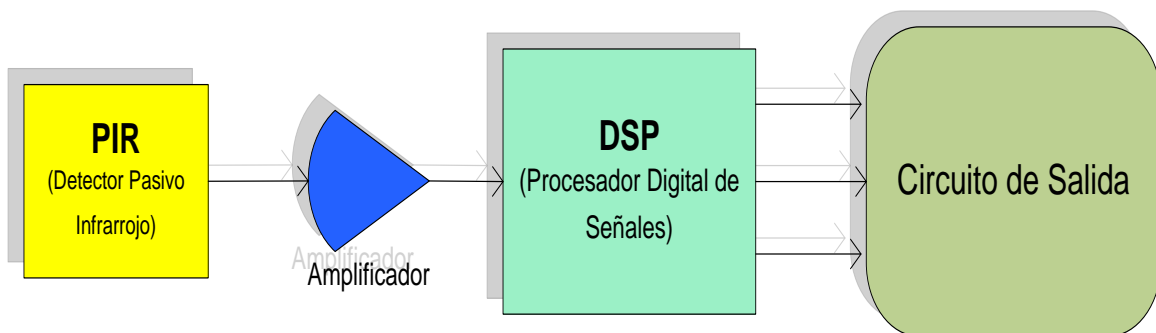
El elemento principal con el que trabajan los PIR's es un detector piroeléctrico. Los materiales piroeléctricos son aquellos que al ser sometidos a cambios de temperatura tienen un cambio en su polarización eléctrica y es esta propiedad la que se utiliza, pues, como se ha mencionado, los objetos emiten energía de calor.



Al presentarse un cambio en la polarización en un circuito electrónico, se puede aprovechar para que otros elementos actúen ante este cambio, por lo que la parte fundamental es el material piroeléctrico, pero debe estar acompañado de los elementos que reflejen dicho cambio.

Lo primero que hace es amplificar las señales que recibe el detector piroeléctrico, en este caso las señales infrarrojas, después las filtra para que detecte sólo las señales importantes y finalmente las procesa para emitir una respuesta ante estas señales.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DE DETECTOR DE MOVIMIENTO PIR



El circuito de salida puede ser una luz o una señal que indique que se ha detectado un agente fuera de lo común. Lo más utilizado es una conexión a un generador de sonido, para que se active como alarma.

Los filtros utilizados para los detectores PIR se han logrado ajustar para poder identificar si es una persona la que ha realizado un movimiento, ya que tiene una

radiación infrarroja diferente a la de otros cuerpos y así poder evitar falsas alarmas por la presencia de agentes que no representan un riesgo, como pueden ser roedores o mascotas.

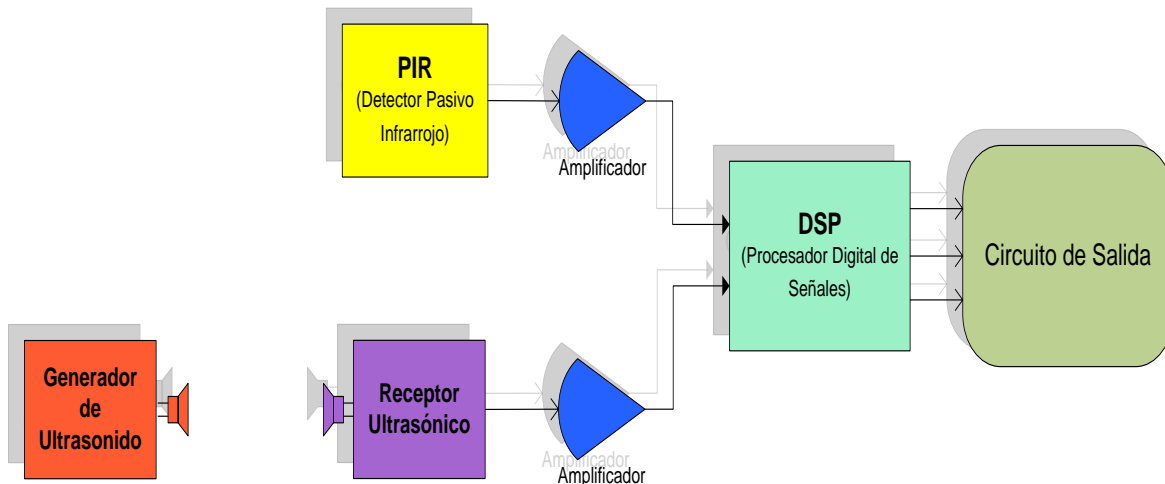
Existen algunos equipos que agregan una tecnología más, que es la detección ultrasónica, lo que ayuda a tener una redundancia y así asegurar que los adversarios sean descubiertos.

Los detectores ultrasónicos funcionan emitiendo y recibiendo ondas de sonido. Existen dos principios básicos de operación. El primero es llamado modo opuesto y consiste en un sensor que emite una onda de sonido y otro sensor montado al lado opuesto del emisor, que recibe la onda de sonido. El segundo es el modo difuso, en el cual un sensor emite una onda de sonido y luego busca el eco que los objetos reflejan.

Al igual que los detectores PIR, los detectores ultrasónicos tienen la misma estructura electrónica, es decir, amplifica, filtra y procesa las señales captadas para indicar si encontró anomalías.

A continuación se muestra el ejemplo de un diagrama del detector PIR trabajando en conjunto con un detector ultrasónico de modo opuesto. Estos detectores en conjunto se les conocen como PIR de tecnología dual.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DE DETECTOR DE MOVIMIENTO PIR DE TECNOLOGÍA DUAL



Una vez que conocí el principio de operación de los detectores, esto me permitió, además de lo ya mencionado:

- Realizar un análisis teórico-práctico de las ventajas y desventajas en su funcionamiento.
- Crear escenarios donde se pudiera evadir la detección.
- Corroborar que los detectores están utilizándose de forma adecuada y en las condiciones de uso que les permita cumplir con su objetivo.
- Conocer el tiempo de respuesta de los detectores ante un adversario que conoce su principio de operación.
- Identificar las vulnerabilidades que tengan las instalaciones radiactivas ante diferentes dispositivos de detección.

- Tener argumentos sólidos para sugerir y/o exigir a los responsables de las instalaciones nucleares y radiactivas modifiquen equipos, tecnología o condiciones para mejorar su sistema de detección.

Cuando realicé las visitas de inspección, al momento de realizar las pruebas para revisar los equipos de detección, centré mi atención en la sensibilidad y velocidad con la que operan.

Estando en las áreas con detectores, comencé haciendo movimientos muy ligeros y pausados que me ayudaron a saber que eran suficientes para que el detector indicara que había identificado mi presencia. Después realicé movimientos rápidos para corroborar que el detector, de igual forma, identificaba mi presencia. En algunos hacer ruidos para ver si el detector se veía alterado, aun sin la presencia de alguien y que esto pudiera ocasionar falsas alarmas.

Revisé que en las áreas contiguas las actividades que se realizan en ellas, no pudieran alterar o afectar tanto en sonido como en temperatura las áreas que cubría el detector.

Revisé que no hubiera cambios de temperatura importantes o bruscos ya que podrían generar falsas alarma o volviera vulnerable al detector, para que no identificara la presencia de un adversario.

También ubiqué si se tenían puntos ciegos y que fuera importante que un detector cubriera ese espacio, ya que es probable que no cubra toda un área, pero no

representa tanto peligro/problema, siempre y cuando detecte los puntos importantes.

Además, tuve particular cuidado al revisar la colocación física que le fue asignada a cada equipo, con el fin de identificar que estuvieran ubicados en el lugar que mejor se aprovecha su funcionamiento.

En ocasiones se hicieron simulacros en donde se activó el SPF para corroborar que los detectores de movimiento enviaran la señal a las alarmas audiovisuales y a las central de monitoreo.

### **5.1.2. Retardo**

Para el caso del retardo, se colocan barreras físicas como puertas, muros, rejas, entre otras, y para retardar más el objetivo del adversario, se utilizan diversos mecanismos que ayuden a tener más controladas dichas barreras.

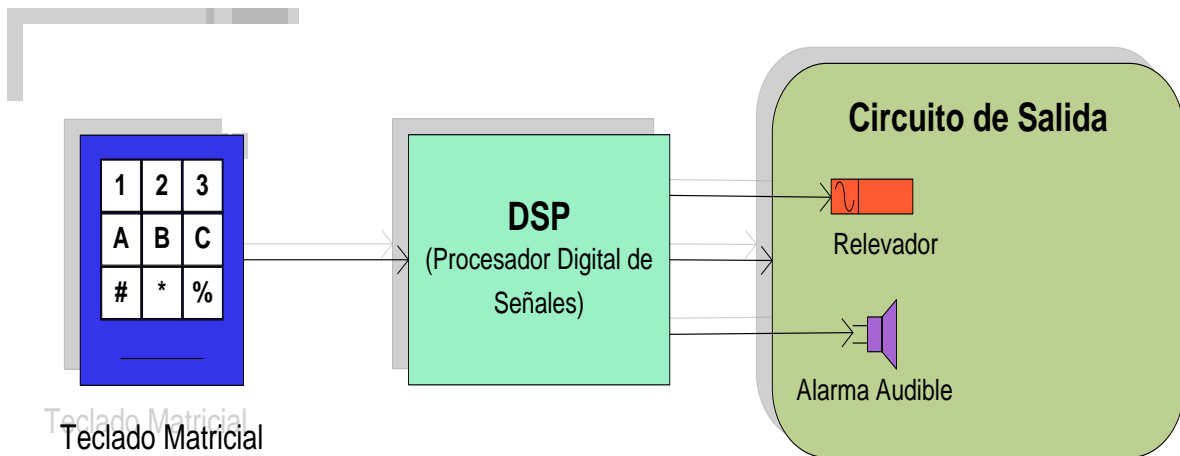
Algunos de los dispositivos electrónicos para los controles de acceso que inspeccioné fueron las cerraduras electrónicas, en las cuales, al ingresar un código específico, se permite la entrada. Dicho código puede ser alfanumérico, biométrico, con la lectura de algún instrumento como tarjetas, etc.

Los más utilizados son los de código alfanumérico, que se encuentran constituidos por:

- *Teclado*, que generalmente es matricial, esto por la practicidad al momento de programar todo el equipo.

- *Dispositivo lógico programable*
- *Relevador*

## DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE ACCESO CON TECLADO



La principal función del teclado consiste en recibir el código alfanumérico y mandar esa información al dispositivo lógico programable, que dependiendo de la tecnología, puede ser un Procesador Digital de Señales (DSP), el cual la trabaja, y, en caso de que el código sea correcto, envía una señal de salida al relevador para habilitar el acceso. Normalmente, el DSP también envía una señal de salida para notificar que el código ha sido el correcto, ya sea mediante el encendido de un led, un sonido o algún otro.

Para los casos en que el código es incorrecto, el DSP puede enviar señales para bloquear la cerradura electrónica, enviar una alarma de intento fallido de acceso, o simplemente indicar que el código ingresado es erróneo.

Estas claves de acceso son configuradas al momento de la instalación y son resguardadas de forma confidencial y asignadas sólo al personal autorizado para abrir el acceso, con el fin de tener un mejor control del personal que ingresa.

Es importante mencionar que para realizar la configuración inicial de las cerraduras electrónicas, los proveedores de los servicios de seguridad dan una capacitación a los usuarios de las instalaciones radiactivas, para saber cómo trabajar con ellas.

La ventaja de las cerraduras electrónicas, que utilizan códigos alfanuméricos, es que el usuario no requiere estar cargando algún instrumento adicional como llaves o tarjetas que pueden ser robadas o copiadas para ingresar a las áreas donde se tiene un control de acceso.

En el caso de las cerraduras biométricas, éstas trabajan con detectores biométricos, cuya función es identificar los rasgos físicos únicos de las personas y permitirles el acceso a un lugar en específico.

En general, un sistema biométrico es un método automático de identificación y verificación de un individuo utilizando características físicas y de comportamiento precisas.

Todo sistema biométrico para identificación personal debe cumplir con las siguientes características básicas: desempeño, aceptabilidad y fiabilidad.

Para el control de acceso con sistemas biométricos, generalmente se utilizan los detectores de huellas dactilares. La huella dactilar se forma gracias a las crestas papilares, que son glándulas de secreción de sudor situadas en la dermis que es una capa interna de la piel. Estas crestas poseen las particularidades de ser:

- Perennes, es decir, que permanecen en las yemas desde el sexto mes de vida intrauterina hasta la putrefacción del cadáver tras la muerte.
- Inmutables, porque no se modifican fisiológicamente, y si hay un traumatismo se vuelven a formar o queda una cicatriz.
- Diversiformes, ya que no hay dos iguales producidas por dedos diferentes.
- Originales, debido a que producen impresiones con características microscópicas identificables del tejido epidérmico.

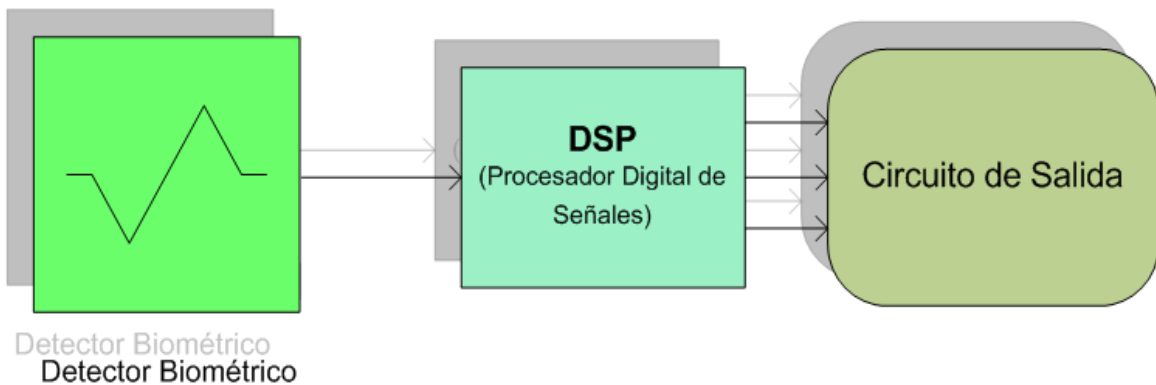
Todas estas características confirman que las huellas dactilares de una persona, no pueden ser iguales a las de otra, lo que hace que los detectores biométricos de este tipo sean una de las tecnologías más confiables para la identificación de un individuo.

Los detectores de huellas dactilares pueden trabajar de varios modos, por ejemplo, hacer una lectura de tipo capacitiva, térmica, mecánica, entre otras, pero uno de los más usados son los de lectura óptica, esto en el caso de los dispositivos electrónicos que trabajan con las imágenes digitales de las huellas.



Es importante mencionar que la estructura básica de las cerraduras biométricas consiste en un detector, un procesador de señales y un circuito de salida, como se muestra en el diagrama.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE ACCESO BIOMÉTRICO



Ahora bien, los detectores de huellas dactilares de lectura óptica, en su mayoría trabajan con un CCD (*Charged Coupled Device*), que tiene un arreglo de diodos sensibles a la luz, los cuales generan una señal eléctrica en respuesta a fotones de luz. Esto es, que al variar la luz en una superficie, la señal eléctrica será diferente y ésta es la que se procesa para obtener una imagen.

En el momento que se coloca el dedo en el lector del detector de huellas (que normalmente tiene su propia fuente de iluminación) cada uno de los diodos que lo componen va grabando un pixel, un pequeño punto que representa la luz que le es reflejada, y así la luz y los puntos oscuros forman una imagen de la huella leída.

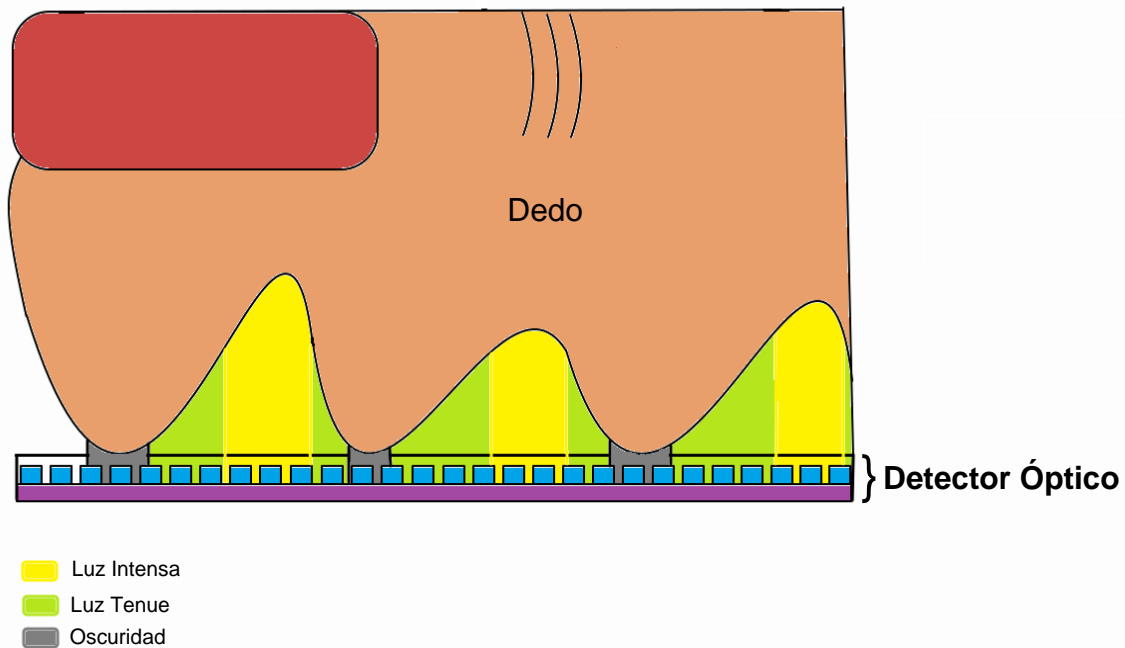
El CCD genera la imagen de la huella, con áreas más oscuras que representan más luz reflejada (las crestas del dedo) y áreas más claras que representan menos luz reflejada (los valles entre las crestas).

Una vez leída la huella, el procesador del lector se asegura de que el CCD ha capturado una imagen clara, revisando la oscuridad promedio de los píxeles o los valores generales en una pequeña muestra, y rechaza la lectura si la imagen es demasiado oscura o demasiado clara.

Si la imagen es rechazada, el lector ajusta el tiempo de exposición para dejar entrar más o menos luz e intenta leer la huella nuevamente.

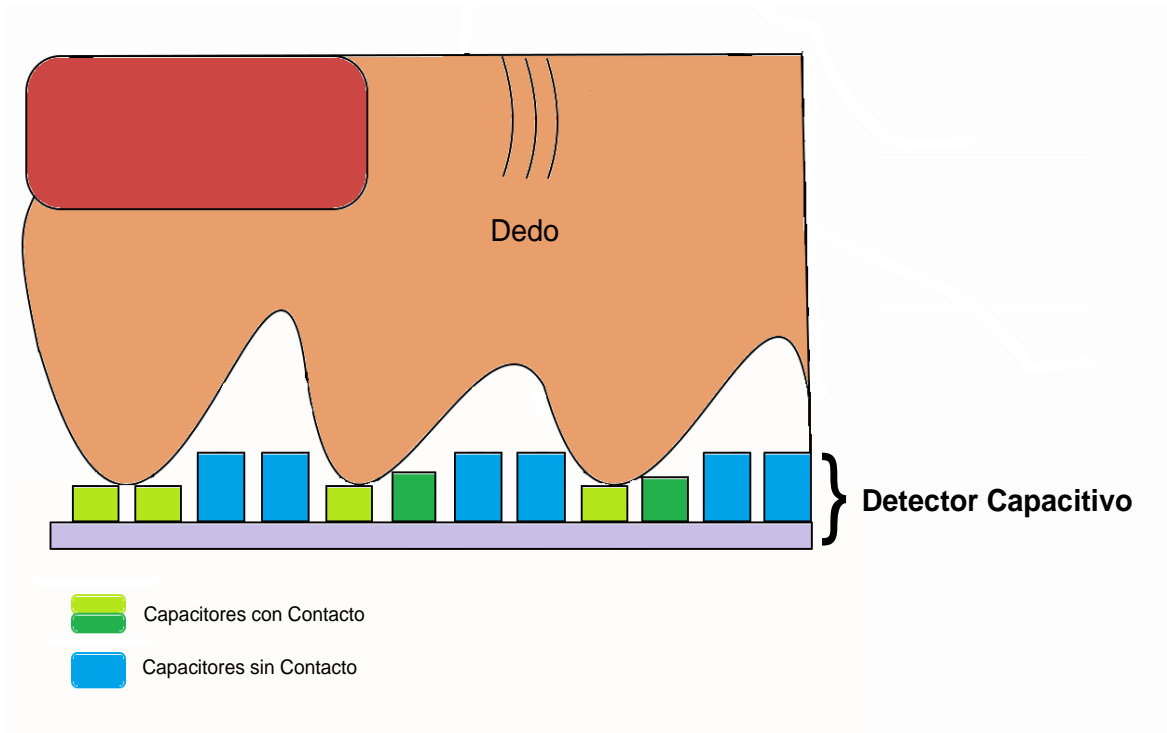
Si la imagen es adecuada, el procesador realiza una comparación con la base de datos que tiene y así determina si la huella es reconocida como autorizada para permitir el acceso o no. Esta comparación la realiza un dispositivo programable, que recibe las señales captadas.

## DETECTOR DE HUELLA DACTILAR DE LECTURA ÓPTICA



Una tecnología de mayor confiabilidad y velocidad es la utilizada en los detectores de huellas dactilares de lectura capacitiva, ya que utiliza diminutos capacitores que se cargan con diferentes cantidades de corriente, que va de acuerdo a la posición de los relieves del dedo. De esta forma, crea un mapa digital con la información y a diferencia de otros lectores, no necesita verificar dicha información, sino que la envía de manera inmediata al procesador de señales.

## DETECTOR DE HUELLA DACTILAR DE LECTURA CAPACITIVA



Los sistemas biométricos de huella digital tienen como ventaja que los atributos físicos de una persona suelen ser difíciles de falsificar, es decir, un individuo no puede adivinar una huella digital como adivina un código, tampoco puede perder sus huellas digitales como pierde una llave y mucho menos puede olvidar sus huellas digitales como puede olvidar una contraseña.

Generalmente, los detectores biométricos están compuestos por otros elementos, que hacen más amigable el trabajar con ellos, como son la integración de *displays* que sirven, entre otras cosas, para indicar instrucciones al usuario, para indicar si se detectó adecuadamente la huella, o bien para indicar si se permite o no el acceso. Otro elemento son los teclados, que permiten realizar la configuración del

equipo y en su caso el ingreso de un código en específico como una redundancia de seguridad para poder acceder.

Las cerraduras electrónicas biométricas cuentan con un circuito de salida que puede contener alarmas, para los casos en que sean abiertos sin los requerimientos adecuados, y una salida a relevador, para que pueda permitir físicamente abrir estos accesos.

Los elementos de las cerraduras electrónicas biométricas están conectados al dispositivo programable, que puede ser un DSP, para que éste pueda trabajar con la información recibida y enviar las señales a las salidas correspondientes.

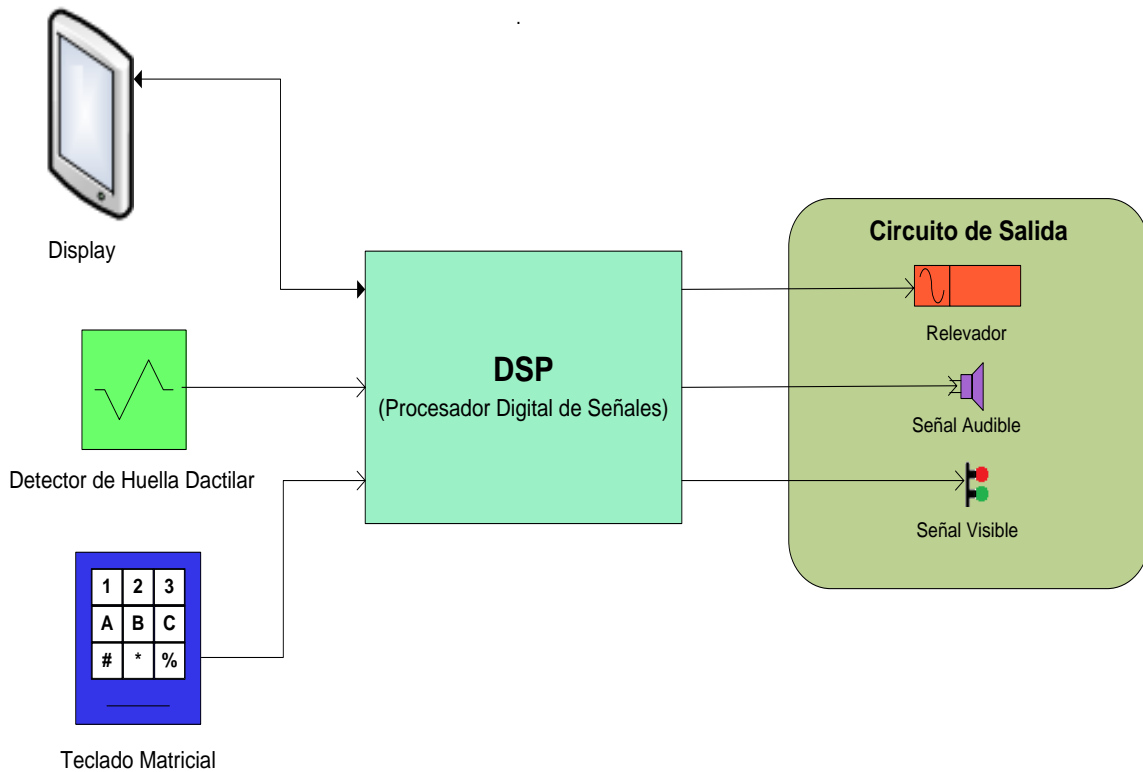
Para ejemplificar lo descrito, con respecto a las cerraduras electrónicas, se describe un caso donde se utiliza la introducción de dos tipos de código con diversas salidas y a su vez se muestra el diagrama de su operación.

CASO 1. Cerradura electrónica biométrica con detector de huella dactilar de lectura óptica.

1. El display indica al usuario la acción que debe ejecutar: “Colocar huella digital”.
2. El usuario coloca el dedo en el detector de huella óptico.
3. El detector crea una imagen con la información recibida, la verifica y envía la información al DSP.

4. El DSP envía la señal al display para que éste muestre al usuario el resultado.
  - a. La imagen no es correcta: “Huella no reconocida”.
  - b. La huella no es autorizada: “Huella no autorizada”.
  - c. La huella es autorizada: “Digite el código”.
5. Siguiendo el escenario del caso “c”, el usuario digita en el teclado matricial el código asignado.
6. El DSP recibe la información digitada, procesándola para identificar hacia qué salidas debe enviar las correspondientes señales.
  - a. Si el código es incorrecto:
    - i. Envía información al display para que indique al usuario que el código es incorrecto.
    - ii. Envía una señal a los led’s para que indiquen visualmente (luz roja) que el código es incorrecto
  - b. Si el código es correcto:
    - i. Envía la señal al display para que indique al usuario que se le ha dado acceso.
    - ii. Envía una señal al relevador para que físicamente habilite el acceso.
    - iii. Envía una señal a la bocina para que auditivamente el usuario sepa que el acceso ha sido habilitado.
    - iv. Envía una señal a los led’s para que indiquen visualmente (luz verde) que el código es correcto.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROL DE ACCESO



### 5.1.3. Respuesta

La respuesta juega un papel muy importante para que se cumpla el objetivo de mantener protegidos los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, ya que en caso de que exista un incidente por parte de un adversario, las Fuerzas de Respuesta se encargarán de neutralizarlo y evitar que cometa más actos ilícitos con dichos materiales.

No sólo queda ahí la labor de las Fuerzas de Respuesta, pues en caso de que el adversario haya robado o producido un sabotaje, también deben recuperar lo

hurtado y mitigar o minimizar las consecuencias del sabotaje, claro que con la colaboración de los expertos de la Comisión, que brindan su asesoramiento.

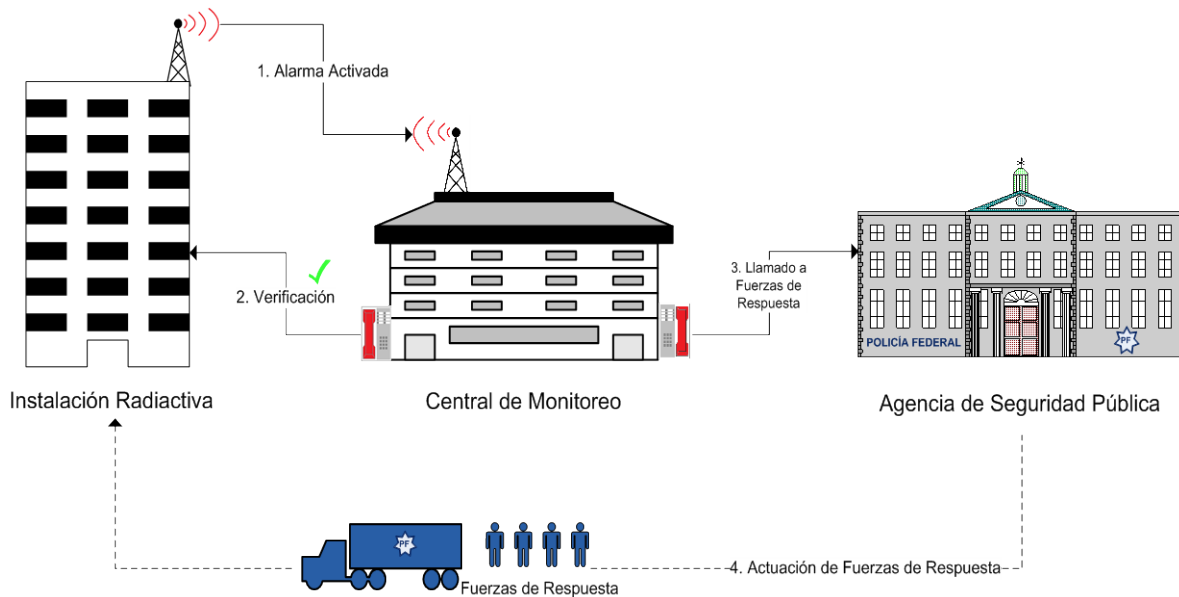
Como parte de la inspección, corroboré que la comunicación con las Fuerzas de Respuesta estuvieran debidamente enlazadas, tanto con el personal de seguridad interno, como con la central de monitoreo que a su vez tiene contacto con las agencias de seguridad pública.

Para cerciorarme que la comunicación estuviera bien enlazada, se realizaron algunos simulacros en las instalaciones nucleares y radiactivas, en los que se activa una alarma del SPF, con el fin de que la central de monitoreo la reciba y una vez que ésta la recibe, cumple con sus procedimientos de actuación, que consisten en verificar el tipo de alarma; esto lo hace llamando a los puntos asignados responsables de corroborar dicha información dentro de las instalaciones. Generalmente, los puntos asignados son donde se encuentra el personal de seguridad interna o en los alrededores donde se encuentran los blancos.

En el siguiente diagrama se muestra el procedimiento más utilizado en las instalaciones nucleares y radiactivas para llamar a las Fuerzas de Respuesta.



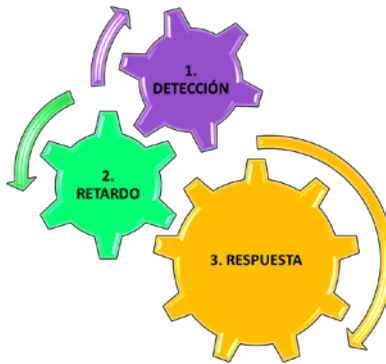
## DIAGRAMA DE COMUNICACIÓN CON LAS FUERZAS DE RESPUESTA



Aunque los medios de comunicación se están renovando como los radios, los celulares, las redes sociales, correos electrónicos, chats, etc. todos éstos siguen basándose en los principios básicos de la electrónica, de ahí la importancia de los conocimientos en esta área para que la inspección se realice cubriendo todos los puntos ya mencionados.

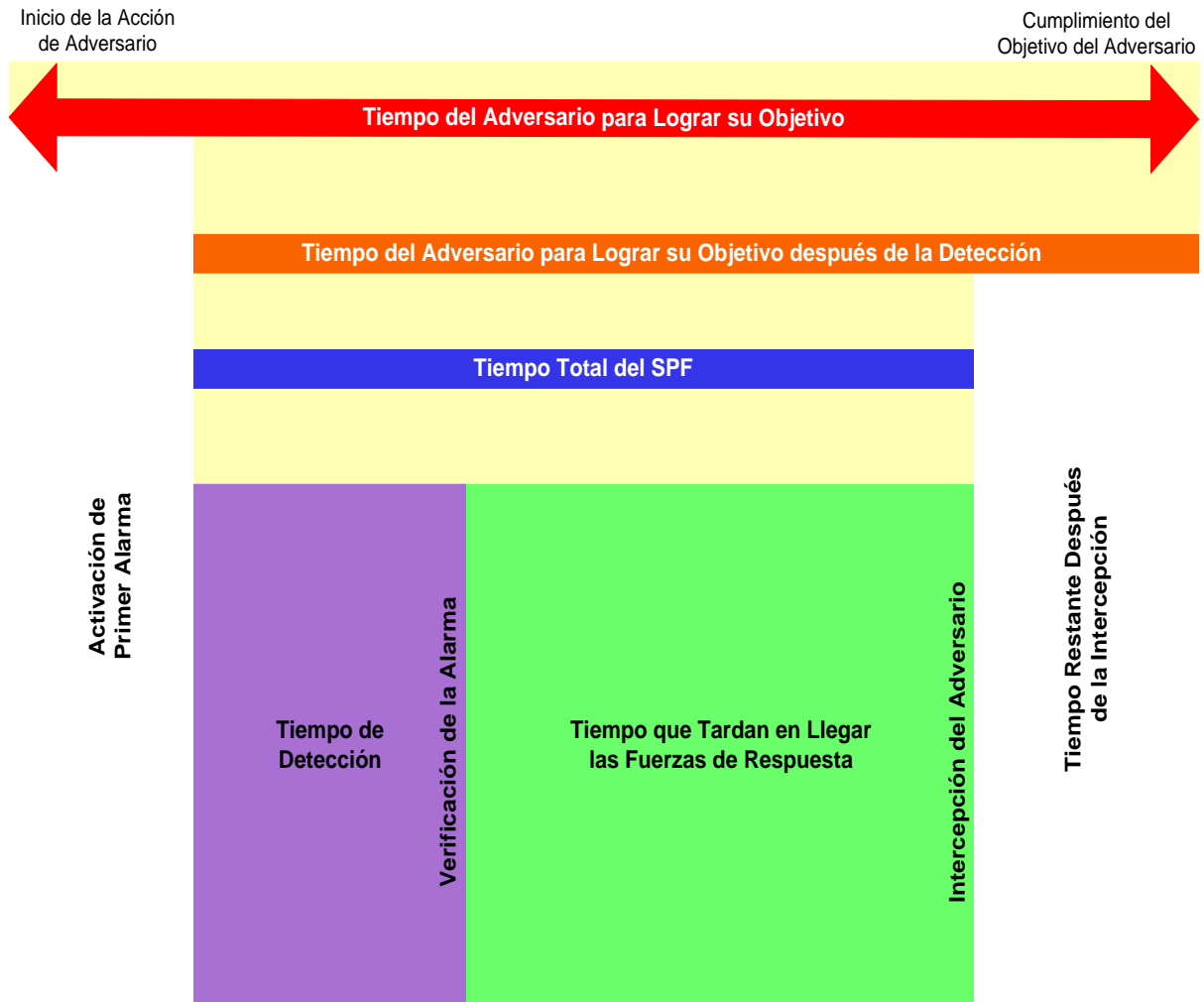
Con esto puedo aseverar que es elemental que cada función del SPF actúe de manera sincronizada, armonizadas y eficazmente, porque eso permite impedir que cualquier adversario cumpla su objetivo.

## SINCRONÍA DE LAS FUNCIONES DEL SPF



El tiempo que le lleva al SPF, desde la detección del adversario, hasta que éste es interceptado por las Fuerzas de Respuesta, es determinado por el buen accionar de cada una de las funciones del sistema y de la coordinación de las mismas, por lo que en caso de que alguna de ellas no trabaje como debe ser, ocasionará una demora o un mal funcionamiento de las otras.

## LÍNEA DEL TIEMPO DEL ADVERSARIO & SPF



Finalmente, puedo afirmar que la inspección de los SPF, en conjunto con las demás actividades que se realizan en el área de Seguridad Física de la Comisión, son parte importante para lograr su misión y visión y por lo tanto contribuir al cumplimiento de uno de los ejes fundamentales del desarrollo de nuestro país: la seguridad.

## Conclusiones

Cuando las sociedades son primitivas, necesitan reglas restrictivas, y  
cuando son avanzadas no requieren de éstas...

A lo largo de la historia, México no se ha visto involucrado en casos de terrorismo relacionados con materiales nucleares u otros materiales radiactivos, sin embargo, a raíz de los atentados del 11 de septiembre en Estados Unidos, y como se detalló a lo largo de este trabajo, las amenazas han aumentado, lo que ha generado que nuestro país haya reforzado la vigilancia de las actividades relacionadas con dichos materiales.

Como parte del fortalecimiento de esta vigilancia, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias sigue trabajando en la elaboración de un Reglamento de Seguridad Física Nuclear.

En un inicio, considero que este Reglamento deberá ser muy restrictivo o enérgico, para poder exigir que todas aquellas personas que están relacionadas, directa e indirectamente, en aquellas actividades donde se involucran materiales nucleares y otros materiales radiactivos, conozcan qué es la Seguridad Física Nuclear, cuál es su alcance y, entre otras cosas, las obligaciones que les competen.

En la medida en que los involucrados estén adoctrinados, y adopten una cultura de la Seguridad Física Nuclear de forma más comprometida, llevará a que se

tengan más y mejores aplicaciones y de igual forma conducirá a que paulatinamente la regulación sea menos restrictiva.

Al conocer las instalaciones nucleares y radiactivas, el transporte de los materiales y los procedimientos que manejan, tuve la oportunidad de aplicar mis conocimientos en ingeniería eléctrica electrónica y mi experiencia, lo que me permitió identificar las cualidades y vulnerabilidades de los Sistemas de Protección Física.

Esto me hace concluir que el trabajo que realicé en la elaboración del reglamento, que aún se continúa estructurando, fueron aportaciones apropiadas, ya que se pudo establecer:

- Las exigencias a los licenciarios.
- Las características que deben tener los SPF dependiendo del tipo de instalación o transporte.
- La toma de la amenaza a base de diseño para implementar el SPF, entre otros.

Lo anterior, con el fin de que el reglamento abarque legalmente todos los puntos que se requieren para brindar una protección adecuada a los blancos.

Otra conclusión importante es que el perfil idóneo para desempeñar el puesto de Consultor Técnico, en el área de Seguridad Física de la Comisión, debe ser un Ingeniero especializado en la electrónica, porque:

- Está familiarizado con los equipos de protección que se utilizan en los SPF.
- Puede hacer un análisis más completo de la instalación del SPF.
- Puede inspeccionar con mayor detalle si el SPF es difícil de penetrar.
- Le es más sencillo conocer los principios de operación de los equipos de protección, ya que en su mayoría están basados en la electrónica, y por lo tanto, le es más fácil detectar el origen de las posibles fallas.

No puedo pasar por alto que en la Seguridad Física Nuclear se deben tener siempre presente los avances tecnológicos, con el fin de actualizarse conforme a ellos, tanto para enfrentar al adversario, como para no verse superada por éste.

Con los cambios que se han presentado en este último siglo, los avances tecnológicos más importantes han sido en el área de electrónica, por lo tanto puedo concluir que la electrónica aplicada a la Seguridad Física Nuclear es fundamental para lograr el objetivo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos sean utilizados con fines pacíficos.

Otra conclusión a la que he llegado es que se requieren mejoras no sólo en la evaluación del SPF, sino en la concientización del personal que trabaja en las instalaciones nucleares y radiactivas, desde los encargados de darle mantenimiento o limpieza (que están de forma muy cercana a los blancos) hasta los dueños o licenciarios de las instalaciones, ya que deben estar convencidos de la importancia de tener un SPF adecuado y de utilizarlo para su objetivo. Con

ello se creará una cultura de la Seguridad Física Nuclear, y se podrá establecer una cuarta función de los SPF: la Gestión.

Considerando a la Gestión como la ejecución y el monitoreo de las estrategias, las acciones y las medidas necesarias para el cumplimiento de los objetivos del SPF. Lo que implica un fuerte compromiso de los involucrados con las actividades que se ejecutan y también con los valores y principios de eficacia y eficiencia de las acciones ejecutadas.

Finalmente, he podido corroborar que los principios y valores inculcados, familiar y educativamente, formaron la ética profesional con la que me he desempeñado para saber manejar la información sensible y reservada que se me presentó, tanto de la Comisión, como de las instalaciones nucleares y radiactivas, y a lo largo de mi vida profesional. Con esto también cubro el perfil del egresado que plantea la Facultad de Ingeniería de la UNAM, al resaltar la actitud responsable y comprometida ante las necesidades productivas del país.

## **Glosario**

**ABD:** Amenaza Base de Diseño.

**Bombas sucias:** También conocidas como Dispositivos de Dispersión Radiológica (DDR), se basan en la combinación de explosivos convencionales con materiales radiactivos cuyo objetivo es diseminar material radiactivo en la zona situada alrededor de la explosión.

**C.N.S.N.S.:** Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

**CCD:** Charged Coupled Device (Dispositivo de Carga Acoplada).

**Display:** Es la pantalla de un aparato electrónico que muestra visualmente la información contenida en él, generalmente es la representación visual de los datos de salida de un sistema.

**Dispositivo Lógico Programable:** Son dispositivos electrónicos que permiten al usuario final especificar la operación lógica que va a realizar mediante el proceso de programación.

**DSP:** Dispositivo Lógico Programable.

**Instalación nuclear:** Son instalaciones en la que se fabrica, procesa, utiliza, reprocesa o almacena combustible o material nuclear.

**Licenciatario:** Es aquella persona que posee licencia, permiso o autorización de la Comisión, para operar instalaciones nucleares o radiactivas.



**Material nuclear:** Es cualquier material básico o material fisionable especial, donde el material básico es uranio natural, uranio en que la proporción de isótopos 235 es inferior a la normal, Torio, cualquiera de los elementos citados en forma de metal, aleación, compuesto químico, o concentrado. Mientras que material fisionable especial es el plutonio 239 y 241, uranio 233, uranio enriquecido en los isótopos 235 o 233 o cualquier material que contenga uno o varios de los elementos mencionados.

**OIEA:** Organismo Internacional de Energía Atómica.

**Otros materiales radiactivos:** Es cualquier material que contiene uno o varios núclidos que emiten espontáneamente partículas o radiación electromagnética, o que se fisionan espontáneamente.

**PIR:** Passive Infra-Red sensor (Detector Pasivo Infrarrojo).

**Procesador Digital de Señales:** Dispositivo programable que está constituido por microprocesadores, específicamente diseñados para realizar operaciones numéricas a muy alta velocidad, permitiendo procesar señales digitales.

**Relevador:** Es un interruptor cuyo control corre por cuenta de un circuito eléctrico, el cual a través de una bobina y un electroimán incide sobre diversos contactos para la apertura o el cierre de otros circuitos que funcionan de manera independiente, de esta forma el relevador actúa como un interruptor que puede fomentar el paso de la corriente eléctrica o su interrupción. El relevador permite

controlar una gran cantidad de electricidad operando con una cantidad muy pequeña.

**Salvaguardias:** Es el conjunto de acciones y medidas encargadas de organizar y mantener un sistema nacional de registro y control de todos los materiales nucleares.

**Seguridad nuclear:** Es el conjunto de acciones y medidas encaminadas a evitar que los equipos, materiales e instalaciones nucleares y su funcionamiento constituyan riesgos para la salud del hombre y sus bienes, o detrimentos en la calidad del ambiente.

**Seguridad radiológica:** Es el conjunto de acciones y medidas para proteger a los trabajadores, a la población y a sus bienes, y al ambiente en general, mediante la prevención y limitación de los efectos que pudieren resultar de la exposición a la radiación ionizante.

**SPF:** Sistema de Protección Física.

**Teclado matricial:** Es una interfaz de entrada de datos en un dispositivo electrónico, donde se tiene un arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos.

**Usuarios:** Personas que debido a sus responsabilidades asignadas dentro de una instalación nuclear o radiactiva utilizan los equipos de protección física.

## **Fuentes de Consulta**

### **Documentación Interna**

- CNSNS. Procedimiento AI-DSFS-04: Preparación y Trámite de la Agenda de la Inspección de la Seguridad Física Nuclear en las Instalaciones Nucleares. Agosto 2010.
- CNSNS. Procedimiento AI-DSFS-05: Ejecución de Inspecciones de Seguridad Física Nuclear. Noviembre 2010.
- CNSNS. Procedimiento AI-DSFS-06: Elaboración de Informes de Inspección de Seguridad Física Nuclear. Septiembre 2010.
- CNSNS. Procedimiento AI-DSFS-07: Visitas Técnicas a Instalaciones Radiactivas para Mejorar la Seguridad Física Nuclear, bajo el Programa Internacional de Reducción de la Amenaza Radiológica en México. Septiembre 2010.
- CNSNS. Procedimiento AI-DSFS-08: Preparación y Trámite de la Agenda de la Visita Técnica de la Seguridad Física Nuclear en las Instalaciones Radiactivas. Noviembre 2010.

### **Bibliografía**

- OIEA/IAEA. Código de Conducta sobre Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas (*Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources*).

- OIEA/IAEA. Normas de Seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente. Clasificación de las Fuentes Radiactivas. Guía de Seguridad No RS-G-1.9.
- OIEA. Guía de implementación. *Use and Maintenance of the Design Basis Threat* (Uso y actualización de la amenaza base de diseño), Colección de Seguridad Nuclear No. 10.
- Tocci Ronald J. y Widmer Neal S. Sistemas Digitales. Principios y Aplicaciones. Editorial Prentice Hall, Octava edición, 2003.

### **Revistas**

- Gutiérrez Albores, Leonel y Luna Aguilar, Esteban. (2004) “Telescopios e instrumentación para la observación astronómica”. Revista Digital Universitaria. 10 de mayo de 2004.

### **Legislación**

- Ley reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear. Diario Oficial de la Federación, Última Reforma 9 de abril de 2012.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-NUCL-1994, Clasificación de instalaciones o laboratorios que utilizan fuentes abiertas.

### **Páginas de Internet**

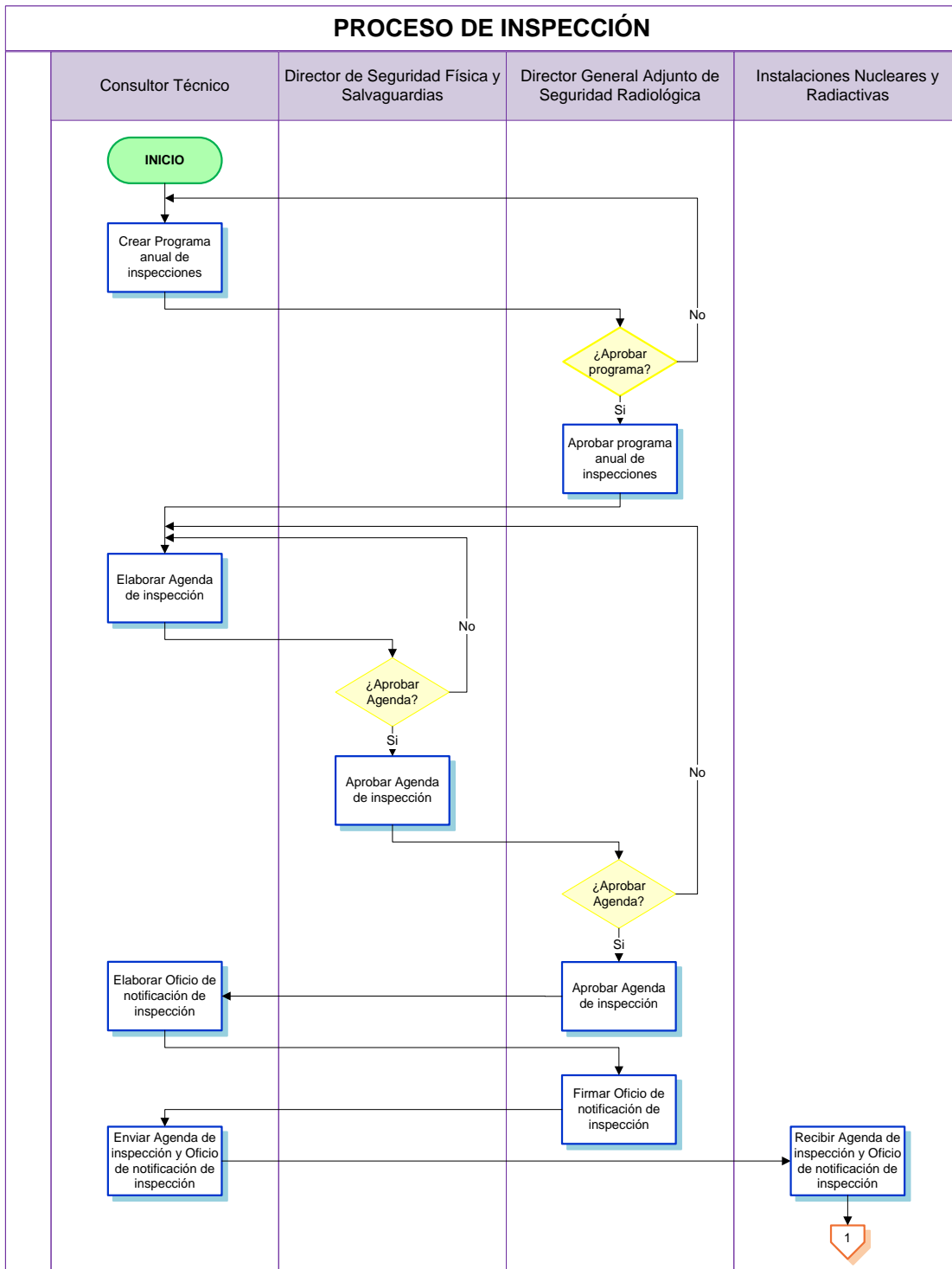
- [http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros\\_md/1017663277\\_25102010161213.pdf](http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1017663277_25102010161213.pdf)
- <http://id.tudiscovery.com/la-ciencia-tras-las-huellas-dactilares/>

- [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ca/c116-ca503\\_-es-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ca/c116-ca503_-es-p.pdf)
- <http://proton.ucting.udg.mx/~mariocc/piro.html>
- <http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/basesteoricas/caracteristicassistema.html>
- <http://tecelectronica.com.mx/promos/bit/bit0903-bio.htm>
- [http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/07/140708\\_mexico\\_material\\_radiactivo\\_historia\\_robos\\_an](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/07/140708_mexico_material_radiactivo_historia_robos_an)
- [http://www.belt.es/expertos/home2\\_experto.asp?id=5489](http://www.belt.es/expertos/home2_experto.asp?id=5489)
- <http://www.blunet.net.cn/sensor-detector/motion-detectors/motion-detectors-2954.html>
- <http://www.blunet.net.cn/sensor-detector/motion-detectors/motion-detectors-2954.html>
- <http://www.cancer.org/espanol/servicios/tratamientosyefectossecundarios/radioterapia/radioterapia-una-guia-para-los-pacientes-y-sus-familias-what-is-radiation-therapy>
- <http://www.cnsns.gob.mx/>
- [http://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web\\_BIO/Documentacion/Trabajos/Biometria/Trabajo%20Biometria.pdf](http://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web_BIO/Documentacion/Trabajos/Biometria/Trabajo%20Biometria.pdf)
- <http://www.elhospital.com>
- <http://www.lerp.cl>
- <http://www.prosystemseguridad.com>

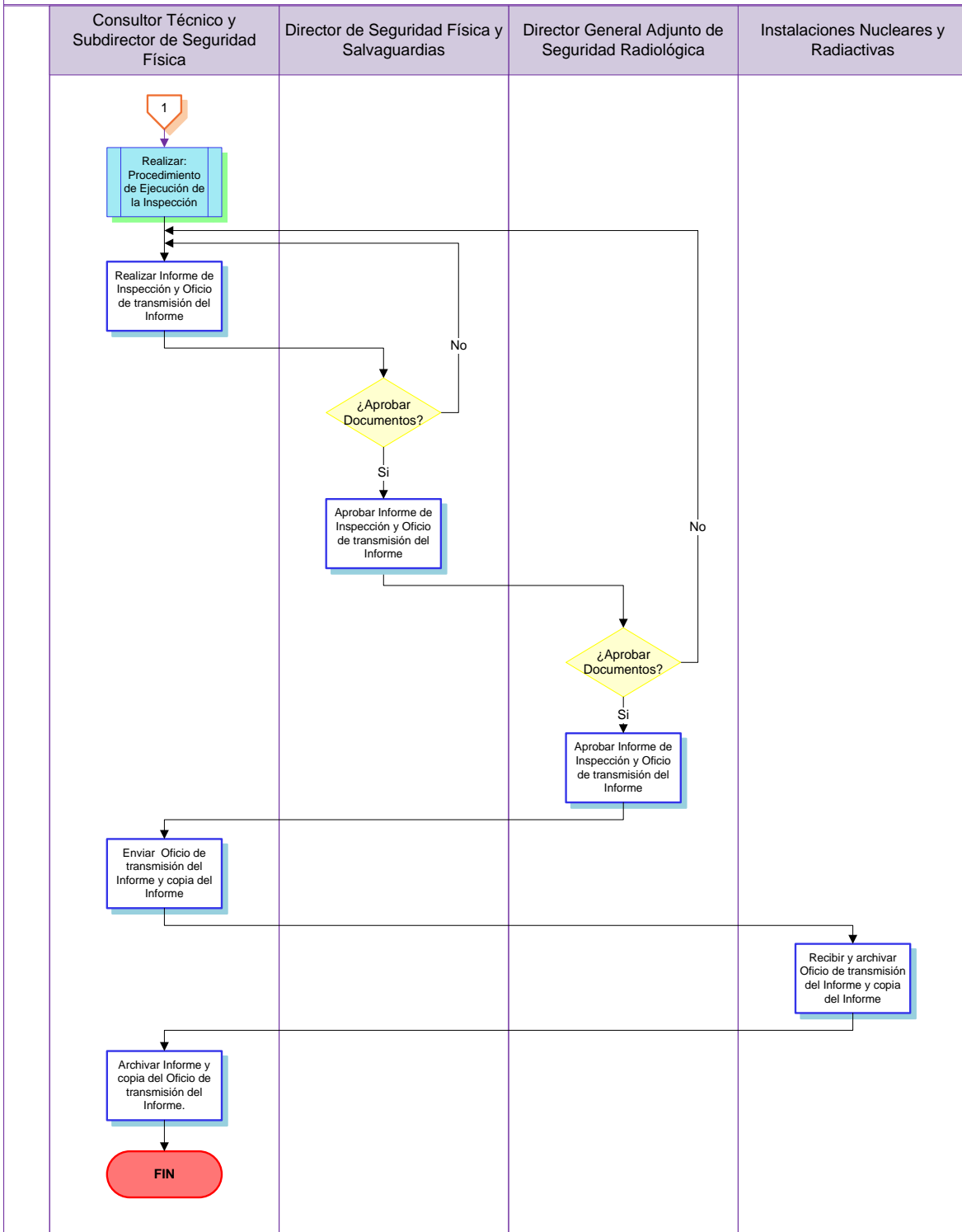
- <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num4/art23/art23-4a.htm>
- <http://www.tvc.mx>

# Anexos

## Anexo 1. Diagrama



## PROCESO DE INSPECCIÓN





## **Anexo 2. Clasificación de las Instalaciones Radiactivas**

El OIEA ha establecido una clasificación, de acuerdo al potencial que encierran las fuentes radiactivas de causar efectos deterministas sobre la salud. Este sistema se basa en el concepto de 'fuentes peligrosas', que se cuantifican en tanto que 'valores D2'.

El valor D es la actividad específica de los radionucleidos de una fuente que, de no hallarse bajo control, podrían causar graves efectos deterministas en diversas circunstancias hipotéticas, entre ellas la exposición externa procedente de una fuente no blindada y la exposición interna a raíz de la dispersión del material de la fuente.

Categoría	Fuente <sup>a</sup> y práctica	Proporción de la actividad <sup>b</sup> (A/D)
1	Generadores termoeléctricos de radioisótopos (GTR) Irradiadores Fuentes de teleterapia Fuentes de teleterapia fija de haces múltiples (cuchillo gamma)	$A/D \geq 1\ 000$
2	Fuentes de radiografía gamma industrial Fuentes de braquiterapia de elevada/media tasa de dosis	$1\ 000 > A/D \geq 10$
3	Calibradores industriales fijos con fuentes de actividad alta <sup>c</sup> Calibradores para diagraña de pozos	$10 > A/D \geq 1$
4	Fuentes de braquiterapia de baja tasa de dosis (salvo placas oculares e implantes permanentes) Calibradores industriales sin fuentes de actividad alta Densitómetros de huesos Eliminadores de estática	$1 > A/D \geq 0,01$
5	Fuentes de braquiterapia de baja tasa de dosis, placas oculares e implantes permanentes Aparatos de análisis mediante fluorescencia por rayos X (FRX) Aparatos detectores por captura de electrones Fuentes de espectrometría Mössbauer Fuentes de examen mediante tomografía por emisión de positrones (TEP)	$0,01 > A/D$ y $A > \text{exim.}^d$

### Anexo 3. Sistemas de Protección Física



Cerradura electrónica con teclado para ingresar código alfanumérico.



Detector Piroeléctrico



Detector Piroeléctrico de Tecnología Dual (PIR y Ultrasónico).

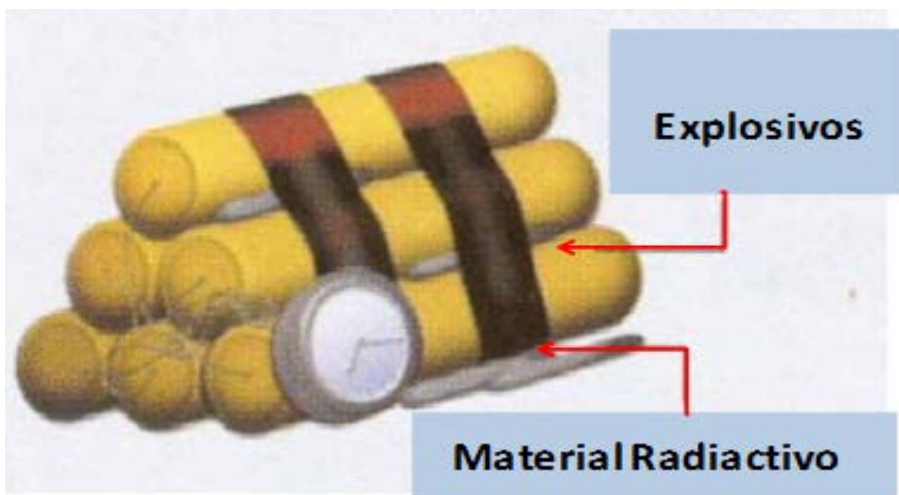
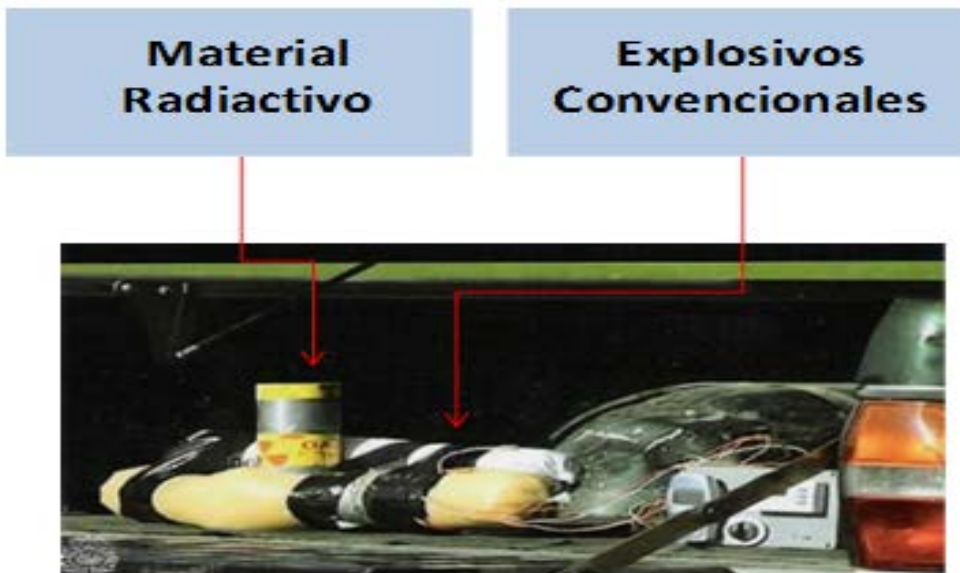


Detector Biométrico de huella digital con teclado y display.

## Anexo 4. Bombas Sucias

Las bombas sucias están constituidas principalmente por explosivos convencionales y materiales radiactivos.

A continuación se presentan algunas imágenes de estos artefactos.



## Anexo 5. Fuentes Radiactivas

Una de las principales aplicaciones de las fuentes radiactivas es en el área de la radioterapia, que utiliza partículas u ondas de alta energía, tales como los rayos X, rayos gamma, rayos de electrones o de protones, para eliminar o dañar las células cancerosas.

Dependiendo de la proximidad con la que se aplique la radioterapia, existen dos formas: la Braquiterapia y la Teleterapia.

La braquiterapia es aquella que utiliza fuentes radiactivas que se colocan en contacto con la piel del paciente, insertadas en tejidos o en cavidades del paciente, esto es, a muy corta distancia. Las fuentes más utilizadas son de Iridio 192, Yodo 125 y Cesio 137.



**Microselectron**



**Stepper de Accuseed**

Para la Teleterapia, también llamada Radioterapia externa, se usa una máquina que dirige los rayos de alta energía desde fuera del cuerpo hacia el tumor y a algunos tejidos normales adyacentes. La mayoría de las personas recibe radioterapia externa durante el transcurso de muchas semanas, en las que las sesiones se realizan de manera ambulatoria en un centro de tratamiento u hospital.



La forma en que se encuentran las fuentes radiactivas es muy diversa; a continuación el ejemplo físico de alguna de ellas:



Fuente de Iridio 192



Fuentes de Po-210, Sr-90 y Co-60