

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**



**NIVEL TÉCNICO UNIVERSITARIO SUPERIOR**  
**INFORME DE PASANTIA**  
**REALIZADO EN EL INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y**  
**TECNOLOGIA NUCLEAR**  
**“CALIBRACION Y SOPORTE TÉCNICO EN MONITORES**  
**DE RADIACIÓN”**

**POSTULANTE: SERGIO OSCAR CHAVEZ RAMOS**  
**TUTOR: LIC. RENE PEÑA BARRIONUEVO**

**La Paz- Bolivia**

**2016**



## **DEDICATORIA**

A mis padres Zenón Cristóbal Chavez Rivas y Rosa Lilia Ramos Valda a quien debo toda mi vida, por darme la educación y valores para enfrentarme a esta vida, por el cariño que me demuestran, porque tengo la seguridad que comparten cada logro conmigo y en cada tropiezo son el apoyo que necesito, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y fortaleza en todo lo que hago.

A mi tutor y docente Lic. Rene Peña por la enseñanza y tiempo que me brindo para poder desarrollar este informe de forma satisfactoria.

## ÍNDICE

	Pág.
Introducción.....	1
CAPÍTULO I – INFORMACION INSTITUCIONAL.....	2
1.1 Descripción Institucional .....	2
1.2 Localización Institucional .....	2
1.3 Estructura organizacional.....	4
1.4 Competencias o facultades.....	10
1.5 Misión Institucional.....	18
1.6 Visión Institucional.....	18
CAPITULO II –MARCO TEORICO REFERENCIAL .....	19
2.1 Instrumento Calibrador Modelo 773.....	19
2.1.1 Calibración de la fuente del rayo gamma.....	19
2.2 Monitores detectores de radiación.....	20
2.3 Alarma sónica ND-15.....	20
2.4 Monitor portátil ND-2000A.....	22
2.5 Monitor portátil Inspector +.....	26
2.6 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	40
2.7 Monitor multiuso RDS-31.....	45
CAPITULO III – DESCRIPCION TECNICA DE LA PASANTIA EN LA INSTITUCION.....	53
3.1 Actividades técnicas.....	53

3.2 Calibración, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo de monitores de radiación.....	57
3.3 Calibración de alarma sónica ND-15.....	57
3.3.1 Mantenimiento preventivo.....	59
3.3.2 Mantenimiento correctivo.....	61
3.4 Calibración de monitor portátil ND-2000A.....	65
3.4.1 Mantenimiento preventivo.....	67
3.4.2 Mantenimiento correctivo.....	70
3.5 Calibración de monitor portátil Inspector +.....	73
3.5.1 Mantenimiento preventivo.....	76
3.5.2 Mantenimiento correctivo.....	78
3.6 Calibración de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	79
3.6.1 Mantenimiento preventivo.....	83
3.6.2 Mantenimiento correctivo.....	86
3.7 Calibración de monitor multiuso RDS-31.....	88
3.7.1 Mantenimiento preventivo.....	91
3.7.2 Mantenimiento correctivo.....	94
3.8 Resumen estadístico de los monitores.....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	98
BIBLIOGRAFIA.....	100
GLOSARIO DE TERMINOS.....	103
ANEXOS.....	106

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Figura 1.1 Logo IBTEN.....	2
Figura 1.2 Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares.....	3
Figura 1.3 Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.....	3
Figura 1.4 Organigrama Institucional .....	4
Figura 1.5 Diagrama Organizacional.....	10
Figura 2.1 Fuente Amersham de Cesio 137.....	19
Figura 2.2 Alarma Sónica ND-15.....	20
Figura 2.3 Monitor portátil ND-2000A.....	22
Figura 2.4 Monitor portátil Inspector+.....	27
Figura 2.5 Características del monitor portátil Inspector+.....	28
Figura 2.6 Botones monitor portátil Inspector+.....	28
Figura 2.7 Pantalla de monitor portátil Inspector+.....	29
Figura 2.8 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	40
Figura 2.9 Monitor multiuso RDS-31 .....	46
Figura 3.1 Irradiadores OB 32 Flujo Canalizado con Cobalto 60.....	53
Figura 3.2 Irradiador OB 32 Flujo Abierto con Cesio137.....	54
Figura 3.3 Irradiador Amersham 773 con Cesio 137 .....	54
Figura 3.4 Flujograma de Calibraciones .....	55
Figura 3.5 Flujograma de Dosimetría Personal .....	56

Figura 3.6	Flujograma de calibración de alarma sónica ND-15.....	57
Figura 3.7	Alarma sónica ND-15.....	58
Figura 3.8	Flujograma de mantenimiento preventivo.....	59
Figura 3.9	Certificado de Calibración de Alarma Sónica.....	61
Figura 3.10	Flujograma de mantenimiento correctivo.....	62
Figura 3.11	Diagrama del circuito de la alarma sónica.....	63
Figura 3.12	Flujograma de calibración de monitor portátil ND-2000A.....	65
Figura 3.13	Monitor portátil ND-2000A.....	65
Figura 3.14	Flujograma de mantenimiento preventivo.....	67
Figura 3.15	Certificado de calibración de monitor portátil ND-2000A.....	69
Figura 3.16	Flujograma de mantenimiento correctivo.....	70
Figura 3.17	Diagrama del circuito del monitor personal.....	71
Figura 3.18	Pistola de aire caliente.....	72
Figura 3.19	Flujograma de calibración de monitor portátil Inspector +.....	73
Figura 3.20	Monitor portátil Inspector +.....	74
Figura 3.21	Flujograma de mantenimiento preventivo.....	76
Figura 3.22	Certificado de calibración de monitor portátil Inspector+.....	77
Figura 3.23	Flujograma de mantenimiento correctivo.....	79
Figura 3.24	Flujograma de calibración de dosímetro DoseRAE 2.....	80
Figura 3.25	Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	80
Figura 3.26	Software de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	82



Figura 3.27 Flujograma de mantenimiento preventivo.....	83
Figura 3.28 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2 con cobertor.....	84
Figura 3.29 Certificado de calibración de dosímetro electrónico DoseRAE 2. ....	85
Figura 3.30 Flujograma de mantenimiento correctivo.....	86
Figura 3.31 Cargador de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	87
Figura 3.32 Flujograma de calibración de Monitor multiuso RDS-31.....	88
Figura 3.33 Monitor multiuso RDS-31.....	89
Figura 3.34 Flujograma de mantenimiento preventivo.....	91
Figura 3.35 Monitor multiuso RDS-31 vista de espalda.....	92
Figura 3.36 Certificado de calibración de monitor multiuso RDS-31.....	93
Figura 3.37 Flujograma de mantenimiento correctivo.....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Actividades y metas de CPSR.....	12
Tabla 1.2 Actividades y metas de URI.....	13
Tabla 1.3 Actividades y metas de UDRI.....	15
Tabla 1.4 Determinación de objetivos y metas a corto plazo.....	17
Tabla 2.1 Recuentos por segundo.....	34
Tabla 2.2 Cuentas por minuto.....	34
Tabla 2.3 Características del menú.....	39
Tabla 2.4 Funciones del menú.....	52
Tabla 3.1 Resultado de calibración de alarma sónica.....	58
Tabla 3.2 Datos estadísticos de calibración a Alarma sónica ND-15.....	59
Tabla 3.3 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo a Alarma sónica. ND-15.....	60
Tabla 3.4 Datos estadísticos de mantenimiento correctivo a Alarma sónica ND-15.....	64
Tabla 3.5 Resultado de calibración de monitor portátil ND-2000A.....	66
Tabla 3.6 Datos estadísticos de calibración a Monitor portátil ND-2000A.....	67
Tabla 3.7 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil ND- 2000A.....	68
Tabla 3.8 Datos estadísticos de mantenimiento correctivo a Monitor portátil ND- 2000A.....	72

Tabla 3.9 Resultado de calibración de monitor portátil Inspector+.....	75
Tabla 3.10 Datos estadísticos de calibración a Monitor portátil Inspector +.....	76
Tabla 3.11 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil Inspector +.....	78
Tabla 3.12 Resultado de calibración de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2 (Tasa de dosis).....	81
Tabla 3.13 Resultado de calibración de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2 (Integración).....	81
Tabla 3.14 Datos estadísticos de calibración a dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	82
Tabla 3.15 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	84
Tabla 3.16 Datos estadísticos de mantenimiento correctivo a Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.....	87
Tabla 3.17 Resultado de calibración de monitor multiuso RDS-31 (Tasa de dosis).....	89
Tabla 3.18 Resultado de calibración de monitor multiuso RDS-31 (Integración).....	89
Tabla 3.19 Datos estadísticos de calibración a Monitor multiuso RDS-31.....	90
Tabla 3.20 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor multiuso RDS-31.....	92
Tabla 3.21 Datos estadísticos del total de las calibraciones.....	95
Tabla 3.22 Datos estadísticos del total de mantenimientos preventivos.....	96

Tabla 3.23 Datos estadísticos del total de mantenimientos correctivos.....	97
--	----



## INTRODUCCION

En nuestro país hace más de 50 años se creó la Comisión Boliviana de Energía Nuclear (Coboen), a través del Decreto Supremo N0. 19583 De 1961, 22 años posteriormente se convirtió en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), con el objetivo de desarrollar tecnología en el ámbito nuclear, pero en la gestión 2015 se inició el proceso de instalación del Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Nuclear en la ciudad de El Alto que comprenderá el ciclotrón, el reactor, una planta de rayos gamma y espacios de interacción de expertos y estudiantes para diferentes fines medicinales, investigativos, energéticos.

La carrera de electrónica y telecomunicaciones como parte de pensum o malla curricular define que los universitarios que cumplan el sexto semestre en su formación académica pueden optar el nivel de técnico superior y para cual deberán poner en práctica todos los conocimientos teóricos en una institución afín al área a través de una pasantía por el tiempo mínimo de 3 meses.

Es así que este tipo de aplicaciones favorecen de manera significativa en la formación personal ya que la institución anteriormente descrita corresponde o es parte del sector energético; la experiencia lograda estuvo al nivel de las expectativas deseadas, el trabajo que realice durante el tiempo definido estuvo principalmente en la calibración, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo de monitores detectores de radiación que son empleados o utilizados en el área industrial, salud e investigación.

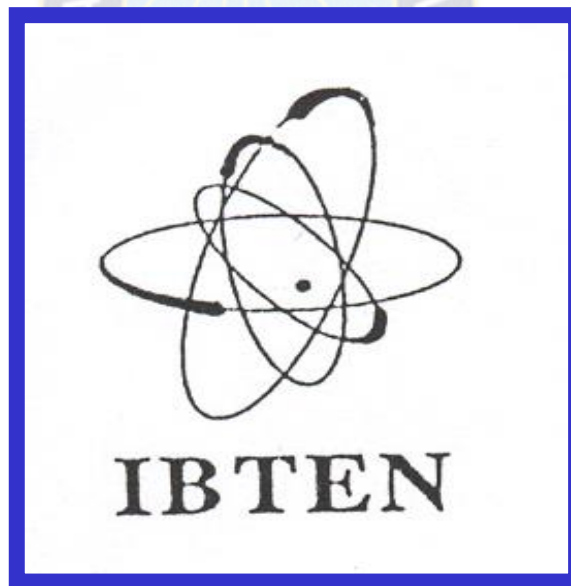
## CAPÍTULO I

### INFORMACIÓN DE LA INSTITUCION

#### 1.1 Descripción Institucional

**IBTEN (Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear)**, es la institución que concentra las actividades de investigación y aplicación de técnicas nucleares, planificación y supervisión del desarrollo de la tecnología nuclear y aplicación de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica.

El IBTEN es el máximo organismo rector de las actividades y aplicaciones de la energía nuclear en Bolivia y cumple las funciones de Contraparte Nacional Oficial para todos los convenios y relaciones internacionales sobre tecnología nuclear.



**Figura 1.1 Logo IBTEN.**

#### 1.2 Localización Institucional

El Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear consta de 2 instalaciones el CIAN (Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares) que se encuentra ubicado en el municipio de Viacha – comunidad Surusaya, aproximadamente a 3 Km de la plaza principal de Viacha, prolongación de la Av. Bolívar.



**Figura 1.2 Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares.**

El CPSR (Centro de Protección y Seguridad Radiológica) se encuentra ubicado en la Av. 6 de Agosto N° 2905, San Jorge. La Paz.



**Figura 1.3 Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.**



### 1.3 Estructura Organizacional

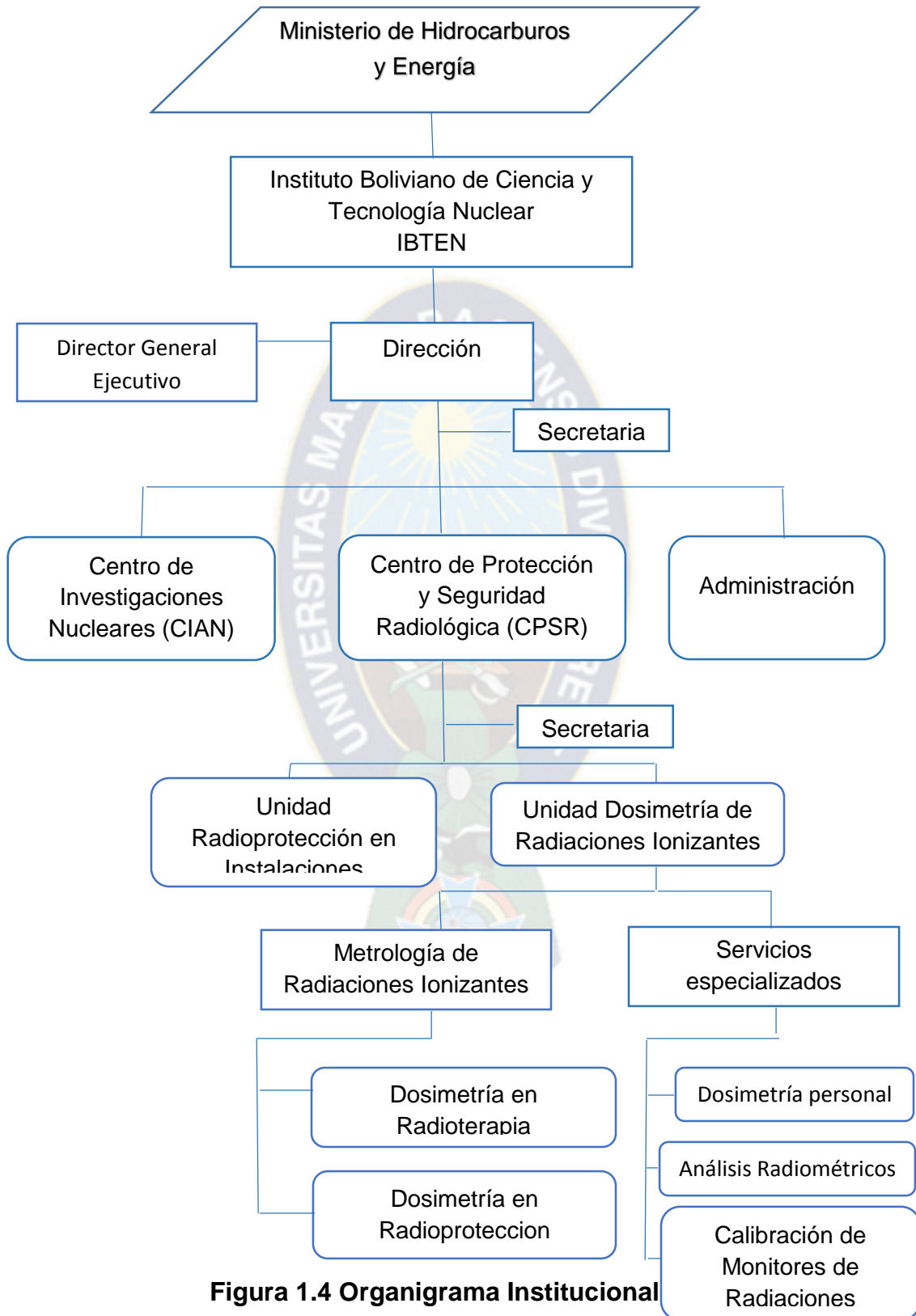


Figura 1.4 Organigrama Institucional

**Director general ejecutivo**, Dr. Silverio Chávez Ríos puestos a los que supervisa: Dirección Administrativa, Dirección Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares, Dirección Centro de Protección y Seguridad Radiológica.

Descripción de sus funciones:

Dirigir las actividades del IBTEN, definiendo estrategias y roles, siendo el directo responsable de la difusión, emisión e implantación de los reglamentos específicos, así como del reglamento interno y otras disposiciones de la entidad, emanadas en cumplimiento a la Ley 1178.

El Director General Ejecutivo tiene las facultades de aprobar la elaboración y ejecución del POA; es la Autoridad Nacional Competente para supervisar la Ley de Protección Radiológica y su respectiva reglamentación; suscribe contratos de trabajo destinados a apoyar el manejo logístico del IBTEN; aprueba informes de las unidades que supervisa; aprueba Resoluciones Administrativas para resolver asuntos del IBTEN.

El Director General Ejecutivo tiene el deber de cumplir y hacer cumplir todas las disposiciones que señalan las leyes: SAFCO, Medio Ambiente y Protección Radiológica; coordinar con el Ministerio de Planificación del Desarrollo las políticas o prioridades de inversión para el cumplimiento de sus fines generales y específicos, como también las operaciones que sean necesarias para la ejecución y el funcionamiento de los proyectos del IBTEN; ejecutar el presupuesto conjuntamente con la Jefatura Administrativa; orientar y presentar al Ministro y los Organismos financiadores los informes de avance periódicos y los que fueran requeridos.

**Director administrativo**, Lic. Omar Mercado Velasco puestos a los que supervisa: Encargado de Contabilidad, Encargado de Personal, Encargado de Activos Fijos, Secretaria, Auxiliar de Oficina, Chofer, Sereno – Portero.

Descripción de sus funciones:

Administrar y organizar los Recursos Humanos, Financieros, Bienes y Servicios del IBTEN, velando la aplicación y cumplimiento de los sistemas y subsistemas de la Ley 1178, así como el apoyo a la estructura de la Institución.

Dirigir y llevar adelante la administración y finanzas del IBTEN. Emitir Resoluciones Administrativas. Coordinar con los Centros y Unidades para la elaboración del POA. Cumplir disposiciones legales, normas y procedimientos correspondientes a su jurisdicción y competencia. Supervisar la elaboración y ejecución del presupuesto institucional en base a normas de presupuesto y su reglamentación. Gestionar y supervisar la aprobación de la reglamentación específica de los sistemas y subsistemas establecidos en la Ley 1178.

Coordina con el Director General Ejecutivo, Directores de Área y demás servidores: políticas, objetivos, estrategias, metas corporativas y cursos alternativos de acción a corto, mediano y largo plazo para el desarrollo de procesos sustantivos y apoyo logístico, con la finalidad de promover un desarrollo armonioso de actividades inherentes a cumplir la visión y misión del IBTEN. Confiere responsabilidades, delega autoridad, orienta y apoya a sus dependientes en aspectos técnico-administrativos para el cumplimiento de los objetivos previstos. Analiza, evalúa y aprueba los planes y programas de trabajo del área, supervisa y controla su cumplimiento velando por su ajuste a las políticas generales y objetivos planteados por la Institución.

**Director centro de protección y seguridad radiológica**, Ing. Alberto Miranda  
Cuadros puestos a los que supervisa: Unidad de Radioprotección en Instalaciones, Unidad de Dosimetría de las Radiaciones Ionizantes, Electrónico, Secretaria.

Descripción de sus funciones:

Apoyar programas destinados al control de las radiaciones ionizantes y el mejoramiento de la calidad de las diversas instancias de aplicación de fuentes de radiación.

Administrar y supervisar el trabajo de los dependientes del Centro de Protección y Seguridad Radiológica. Coadyuvar la administración de proyectos técnicos e investigación. Socializar sus conocimientos. Proponer y participar en proyectos de investigación consensuados con las Jefaturas de Unidad y la Dirección General

Ejecutiva. Supervisar trabajos en tratamiento de desechos radiactivos y procesos de descontaminación. Supervisar trabajos de emergencias radiológicas.

Coadyuva en la administración de proyectos técnicos o de investigación. Presenta a la Dirección General Ejecutiva, licencias y autorizaciones para su aprobación. Prepara y dicta Cursos de Protección Radiológica. Coordina con otras instituciones lo referente al control y uso de fuentes de radiación ionizante. Supervisa trabajos de seguridad física de instalaciones radiológicas. Planifica, elabora y ejecuta el POA de la Unidad. Establece conjuntamente con las unidades líneas de acción y actividades a cumplirse y a desarrollar en función al POA. Planifica la capacitación de los recursos humanos del Centro.

**Jefe unidad de dosimetría de las radiaciones ionizantes**, Ing. Ronald Berdeja Amatler.

Descripción de sus funciones:

Apoyar el trabajo del Director Centro de Protección y Seguridad Radiológica.

Administrar el trabajo de los dependientes de la Unidad. Supervisar las actividades de los dependientes de la Unidad. Ser co-responsable del aseguramiento de la calidad en su Unidad. Coordinar con otras instituciones actividades de interés común.

Incentivar el trabajo en grupo.

Socializa sus conocimientos, mediante presentaciones relacionadas con sus trabajos rutinarios, participación en proyectos, otros proyectos de investigación. Se involucra en trabajos relacionados a la división como: dosimetría personal, calibración de detectores de radiación y radioterapia, espectrometría gamma. Planifica, elabora y ejecuta el Plan Operativo Anual de la Unidad.

**Jefe unidad de radioprotección en instalaciones**, Ing. Edgar Saire Aruquipa.

Descripción de sus funciones:

Apoyar el trabajo del Director Centro de Protección y Seguridad Radiológica.

Administrar el trabajo de los dependientes de la Unidad. Supervisar las actividades de los dependientes de la Unidad. Ser co-responsable del aseguramiento de la calidad en su Unidad. Coordinar con otras instituciones actividades de interés común.

Incentivar el trabajo en grupo.

Socializa sus conocimientos, mediante presentaciones relacionadas con sus trabajos rutinarios, participación en proyectos, otros proyectos de investigación. Se involucra en trabajos relacionados a la división como: inspección de instalaciones radiológicas, cursos de protección radiológica. Supervisa y trabaja en la atención de emergencias radiológicas.

Evalúa condiciones de transporte de material radiactivo. Elabora informes de su gestión y que le sean requeridos.

Planifica, elabora y ejecuta el Plan Operativo Anual de la Unidad.

**Director centro de investigaciones y aplicaciones nucleares**, Ing. Martin Sosa Villanueva puestos a los que supervisa: Jefe Unidad de Análisis y Calidad Ambiental, Jefe Unidad de Investigación y Aplicaciones.

Descripción de sus funciones:

Responsable de elaborar estudios de aplicaciones nucleares y/o ambientales, así como de coordinar el trabajo de la Unidades de Análisis y Calidad Ambiental y de Investigación y Aplicaciones.

Administrar el trabajo de los dependientes del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares. Coordinar con otras instituciones la planificación y ejecución de proyectos de interés común. Viabilizar el establecimiento de convenios. Coadyuvar en la administración de proyectos técnicos o de investigación. Incentivar el trabajo en grupo. Administrar los proyectos en ejecución.

Socializa sus conocimientos, mediante presentaciones relacionadas con sus trabajos rutinarios, participación en proyectos u otros proyectos de investigación. Coadyuva en la organización de presentaciones de los trabajos de los

investigadores del Centro, que permitan socializar sus experiencias o resultados de sus proyectos de investigación. Propone y participa en proyectos de investigación, consensuados con las Unidades y la Dirección General Ejecutiva del IBTEN. Elabora informes que le son requeridos.

**Jefe unidad de análisis y calidad ambiental,** Ing. Jorge Chungara Castro.

Descripción de sus funciones:

Apoyar el trabajo del Director Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares.

Administrar el trabajo de los dependientes de la Unidad. Supervisar los servicios analíticos de los dependientes de la unidad de Análisis y Calidad Ambiental. Ser co-responsable del aseguramiento de la calidad en su unidad. Coordinar con otras instituciones actividades de interés común. Incentivar el trabajo en grupo. Ser el máximo responsable de Control de la Calidad.

Organiza presentaciones de sus dependientes que permitan socializar sus experiencias o resultados de sus proyectos de investigación y de sus actividades rutinarias. Socializa sus conocimientos, mediante presentaciones relacionadas con sus trabajos rutinarios, participación en proyectos, otros proyectos de investigación. Planifica la demanda y supervisión de tesis y de estudiantes que realizan pasantías. Elabora informes de su gestión y que le son requeridos.

**Jefe unidad de investigación y aplicaciones,** Ing. Samuel Fernandez Alcazar.

Descripción de sus funciones:

Apoyar el trabajo del Director Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares.

Elaborar proyectos de investigación y/o aplicaciones. Administrar el trabajo de sus dependientes en la Unidad. Supervisar los trabajos de sus dependientes. Supervisar la producción de Nitrógeno Líquido. Incentivar el trabajo en grupo. Planificar la demanda y supervisión de tesis y estudiantes que realizan pasantías. Coordinar con otras instituciones actividades de interés común.

Socializa sus conocimientos, mediante presentaciones relacionadas con sus trabajos rutinarios, participación en proyectos, otros proyectos de investigación. Organiza presentaciones de sus dependientes que permitan socializar sus experiencias o resultados de sus proyectos de investigación y de sus actividades rutinarias. Elabora informes de su gestión y que le sean requeridos. Planifica, elabora y ejecuta el Plan Operativo Anual de la Unidad. Supervisa la utilización de la maquinaria agrícola.

#### 1.4 Competencias o facultades



Figura 1.5 Diagrama Organizacional

#### Centro de Protección y Seguridad Radiológica

##### Objetivo general.

Es responsable de los programas destinados al control de las radiaciones ionizantes y el mejoramiento de la calidad de las diversas instancias de aplicación de las fuentes de radiación, en cumplimiento de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica y su reglamentación.

##### Objetivo de gestión.

Proteger a la población, trabajadores y medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

##### Objetivos específicos.

- Aplicar la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su respectiva reglamentación.
- Brindar servicios científico-técnicos que coadyuven la aplicación de la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su respectiva reglamentación.
- Revisión y preparación de documentos regulatorios.
- Relacionamiento con otras autoridades competentes y autoridades reguladoras.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>META</b>
Aplicar la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su respectiva reglamentación	Supervisión de las tareas de la Unidad de Radioprotección en Instalaciones.
Brindar servicios científico-técnicos que coadyuven la aplicación de la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su respectiva reglamentación.	Supervisión de las tareas de la Unidad de Dosimetría de las Radiaciones Ionizantes.
Revisión y preparación de documentos regulatorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica</li> <li>- Presentación de los reglamentos de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica;</li> <li>- Preparación de otros documentos regulatorios.</li> </ul>
Relacionamiento con instancias afines al control de fuentes de radiación ionizante	Convenios y acuerdos con instancias nacionales e internacionales



<b>ACTIVIDAD</b>	<b>META</b>
Coordinación y supervisión de proyectos	Seguimiento a los proyectos iniciados el 2015 o que continúan de años anteriores

**Tabla 1.1 Actividades y metas de CPSR.**

**Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes.**

**Objetivo general**

Brindar servicios científico-técnicos que coadyuven la aplicación de la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su respectiva reglamentación.

**Objetivos específicos**

- Evaluar la calidad de radiación en teleterapia y en protección radiológica.
- Realizar calibraciones de monitores de radiación.
- Evaluación de dosímetros personales de personas que trabajan con radiaciones ionizantes.
- Análisis radiométrico de productos.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METAS</b>
Metrología de radiaciones ionizantes	Solicitar auditoria al OIEA para el Irradiador Amersham 773 y participar en la misma. Dosimetría a los irradiadores de Cs-137 y Co-60. Evaluación de los equipos de teleterapia. Elaboración del procedimiento para Cobaltoterapia
Calibración de monitores de radiación	Establecer nuevo Registro Nacional de Calibraciones. Se pretende para el 2016 la calibración de 240 instrumentos.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METAS</b>
	<p>Se elaborarán los primeros procedimientos para esta actividad.</p> <p>Preparación de ensayos para calibración de monitores de superficie con juegos de fuentes planas.</p>
Dosimetría Personal	<p>Culminación del ejercicio de intercomparación con el OIEA iniciado en 2014.</p> <p>Se ha planificado para la gestión 2016, la atención con 1650 dosímetros personales por trimestre.</p> <p>En la implementación del control de calidad en el laboratorio de dosimetría personal se realizarán dos ensayos de aptitud.</p>
Análisis radiométrico de productos	<p>Establecer procedimientos de muestreo.</p> <p>Calibración del sistema analizador multicanal en eficiencia y resolución con juego nuevo de fuentes de referencia.</p>

**Tabla 1.2 Actividades y metas de URI**

### **Unidad de Radioprotección en Instalaciones**

#### **Objetivo de gestión**

Aplicar la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su reglamentación, así como otras disposiciones relacionadas al uso seguro de las radiaciones ionizantes. Se constituye en el brazo operativo de la Autoridad Nacional Competente.

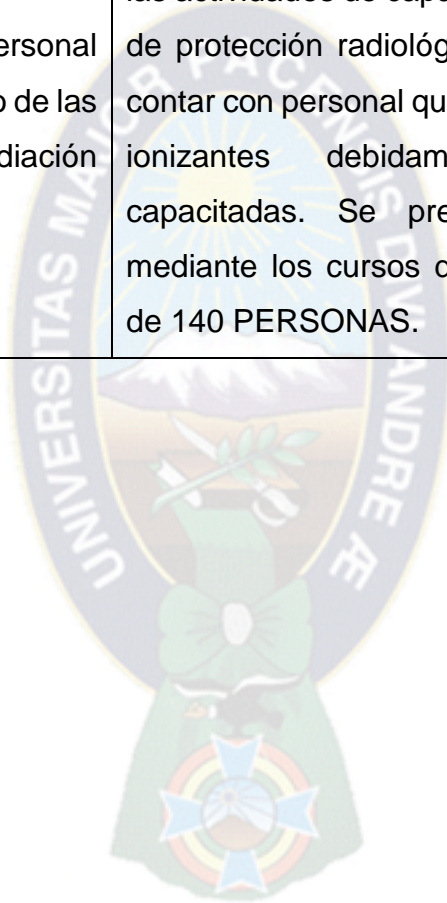
#### **Objetivos específicos**

- Realizar inspecciones a las instalaciones que utilizan fuentes de radiación ionizante, para verificar el uso seguro de estas radiaciones.

- Efectuar evaluaciones de la documentación para la obtención de licencias institucionales, individuales y para responsables de protección radiológica.
- Evaluar solicitudes para la importación y re-exportación de fuentes de radiación ionizante.
- Recuperación de fuentes huérfanas.
- Gestión de fuentes en desuso.
- Capacitación del personal involucrado con el uso de las fuentes de radiación ionizante.
- Verificación de las condiciones de seguridad física de la instalación.

ACTIVIDAD	META
Realizar evaluaciones para la obtención de licencias institucionales, individuales y para responsables de protección radiológica	<b>Inspecciones</b> Continuar con las tareas de evaluación de las instalaciones radiológicas en todo el país, dando prioridad a las instalaciones radiactivas. Se han planificado para el 2016, 100 INSPECCIONES.
	<b>Licencias institucionales</b> Estas actividades son consecuencia de todas las actividades previas; Está planificada para la gestión 2016 la otorgación de 60 LICENCIAS INSTITUCIONALES.
	<b>Licencias individuales</b> Esta planificada para la gestión 2016, la otorgación de 60 LICENCIAS INDIVIDUALES.
	<b>Licencias para responsables de protección radiológica</b> Esta planificada para la gestión 2016 la otorgación de 6 LICENCIAS DE RESPONSABLES DE PROTECCION RADIOLOGICA.

<p>Evaluar solicitudes para la importación y re-exportación de fuentes de radiación ionizante.</p>	<p><b>Emisión de autorizaciones.</b> Autorizaciones de importación y re-exportación Esta actividad esta función de las necesidades de los usuarios de radiaciones ionizantes. Se planifica para el 2016, 400 AUTORIZACIONES para RX y 150 para MATERIAL RADIATIVO.</p>
<p>Capacitación del personal involucrado con el uso de las fuentes de radiación ionizante</p>	<p><b>Cursos de protección radiológica</b> Dentro de las actividades de capacitación están los cursos de protección radiológica, con el propósito de contar con personal que trabaja con radiaciones ionizantes debidamente entrenadas y capacitadas. Se pretende la capacitación mediante los cursos de protección radiológica de 140 PERSONAS.</p>



**Tabla 1.3 Actividades y metas de UDRI**

**Determinación de objetivos y metas de corto plazo**

<b>OBJETIVO ESTRATÉGICO</b>	<b>OBJETIVOS DE GESTIÓN 2016</b>	<b>PRODUCTOS ESPERADOS</b>	<b>LÍNEA BASE 2015</b>	<b>META 2016</b>
Proteger a la población, trabajadores y medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.	Revisión y preparación de documentos regulatorios	Ley de Protección y Seguridad Radiológica.-	Borrador	Documento Final
		Reglamentos de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica.-	Borradores	Documento Final
		Preparación de otros documentos regulatorios.-	4 documentos	4 documentos
	Relacionamiento con instancias afines al control de fuentes de radiación ionizante	Convenios y acuerdos con instancias nacionales e internacionales.-	1 acuerdos	2 acuerdos
	Aplicar la Ley de Protección y Seguridad	Inspecciones	80 Inspecciones	100 Inspecciones

<p>radiológica, y su respectiva reglamentación</p> <p>Brindar servicios científico-técnicos que coadyuven la aplicación de la Ley de Protección y Seguridad radiológica, y su respectiva reglamentación.</p>	<p>Licencias institucionales</p>	<p>50 Licencias Institucionales</p>	<p>60 Licencias Institucionales.</p>
	<p>Licencias individuales</p>	<p>50 Licencias Individuales</p>	<p>60 Licencias Individuales.</p>
	<p>Licencias para responsables de protección radiológica</p>	<p>6 Licencias de Responsables de Protección Radiológica</p>	<p>6 Licencias de Responsables de Protección Radiológica.</p>
	<p>Autorizaciones</p>	<p>150 Material Radiactivo 400 Rayos X</p>	<p>150 Material Radiactivo 400 Rayos X</p>
	<p>Cursos de protección radiológica</p>	<p>120 Personas</p>	<p>140 Personas.</p>
	<p>Evaluación de los equipos de teleterapia</p>	<p>1 equipo de teleterapia</p>	<p>3 equipo de teleterapia</p>
	<p>Calibración de monitores de radiación.- Dosimetría Personal.-</p>	<p>220 Monitores.  1300 Dosímetros personales por trimestre.</p>	<p>240 Monitores.  1650 Dosímetros personales por trimestre.</p>
	<p>Procedimientos</p>	<p>1 Procedimiento</p>	<p>3 Procedimientos</p>

				
--	--	---	--	--

**Tabla 1.4 Determinación de objetivos y metas a corto plazo.**

### **1.5 Misión institucional**

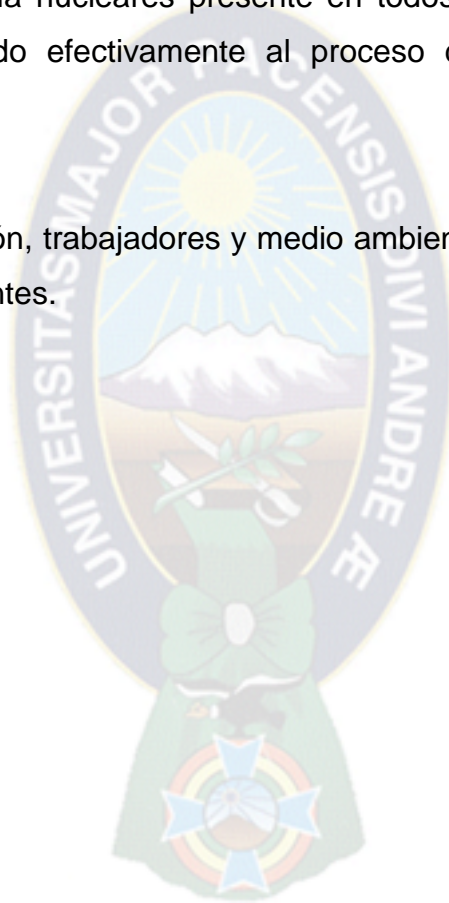
Promover, desarrollar, coordinar, asesorar y participar en la investigación científica y tecnológica con instancias nacionales y/o internacionales afines en el uso y desarrollo de la tecnología nuclear, en la solución de problemas en los diferentes campos de aplicación y además como contra parte nacional del país.

### **1.6 Visión institucional**

La ciencia y tecnología nucleares presente en todos los sectores económicos y sociales, contribuyendo efectivamente al proceso de desarrollo sostenible en Bolivia.

### **Objetivo estratégico**

Proteger a la población, trabajadores y medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

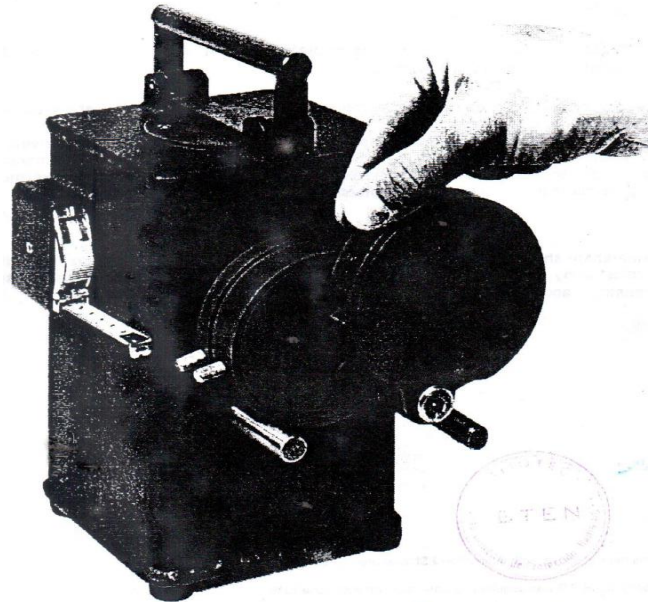




## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO REFERENCIAL

#### 2.1 Instrumento Calibrador Modelo 773



**Figura 2.1 Fuente Amersham de Cesio 137.**

##### 2.1.1 Calibración de la fuente del rayo gamma

Las condiciones de exposición de la fuente:

En dispositivo de calibración modelo 773, numero serial 528.

La emisión de rayo gamma de la fuente sellada aquí en descrito estaba medida con un modelo de la Corporación Radcal 20X5-180 la Cámara de Ion cuya respuesta relativa para cobalto 60, cesio 137 es 50 kvp de rayos X había estado resuelto por un Instituto Nacional de Estándares y Experimentos, aprobado en el laboratorio de calibraciones. La sensibilidad de la cámara del ion es monitoreada por la referencia NIST de la fuente de cobalto 60. Las lecturas se corrigieron para la temperatura atmosférica, la presión y para aire ambiente dispersándose por la absorción. La fuente estaba medida con su axis de simetría perpendicular para la línea uniendo el centro de fuente y la cámara. La reportada salida representa la intensidad esperada a falta de aire y los objetos circundantes. Se cree que es preciso dentro de  $\pm 7\%$ ,

hecho levantado de lo indicado  $\pm 5\%$  de incertidumbre del NIST la fuente de calibración y el  $\pm 2\%$  estimada precisión de comparación.

<u>Isotopo</u>	<u>Vida media</u>	<u>Rhr/Ci</u>	<u>Test No.</u>
Cesio 137	30.2 años	0.32	5738

<u>La fecha medida</u>	<u>Fuente Identificación</u>	<u>MiliRoentegens/hr a 1 metro</u>	<u>Milicuries</u>
29 dic 1994	S-931	52.4	136.6

## 2.2 Monitores detectores de Radiacion

En este capítulo se explica las características de los monitores e instrumentos calibrados y reparados en la Unidad de Dosimetría y Radiaciones Ionizantes.

## 2.3 Alarma sónica ND-15

El equipo es diseñado y confeccionado en conformidad con todos los estándares aplicables de seguridad; no obstante, ciertos peligros son inherentes en el uso de todo equipo electrónico. Serán los dueños los responsables para asegurar que los procedimientos sean los adecuados.



Figura 2.2 Alarma Sónica ND-15.

## **Descripción**

El modelo ND-15 es una alarma personal de radiación con rango doble que le provee una inmediata indicación audible de los niveles cambiantes de la radiación.

Las señales que produce son sonoras "Bipeos" que aumentan en frecuencia para la proporción de los rayos X y radiación Gamma presentes. La característica de la alarma de rango doble es que provee un rango alto para los propósitos normales de monitoreo, durante una radiografía (no molestando para el usuario especialmente) y un rango bajo que es útil en revisar fugas de rayos X o las fuentes radiactivas y para determinar si la radiación perdida excesiva existe.

La construcción de este equipo es diseñada para durar mucho tiempo, en condiciones extremas bajo una utilización responsable. El modelo ND-15 está alojado dentro una caja de material de aluminio con espesor 0.09 pulgadas para brindar durabilidad.

## **Especificaciones**

Detector: halógeno apagado, energía compensada con tubo geiger muller, El diámetro y longitud efectiva 0.625 pulgadas por 0.194 pulgadas. El espesor de la pared es 90 mg/cm cuadrado.

Alarma: de estado sólido, el transductor de tono de audio que emite 100 dBs a 6 pulgadas.

Los controles: El interruptor seleccionado.

- Rango bajo (LOW): 60 bipeos/ min en 1 mR/hr.
- Rango alto (HIGH): 60 bipeos/min en 30 mR/hr.

La batería: de 9 voltios, su vida de aproximadamente 6 meses in un uso normal, 8 horas al día, 5 días a la semana en niveles bajos de radiación.

## **Funcionamiento**

El ND-15 viene con la batería de 9 voltios instalada, cuándo el interruptor de encendido es puesto hacia arriba, un bipeo solo debería oírse. Si la unidad funciona

correctamente, un sonido de frecuencia baja (acerca de 400 / sec) se oirá cuando la unidad es mantenida muy cercano a la oreja en una posición quieta.

El instrumento se comprueba periódicamente moviendo la unidad hacia afuera y dentro de una fuente de radiación. Al hacer esto, se observa la tasa cambio de bipeos.

Nota: no usar cuando la temperatura supera los 55 grados centígrados.

#### **2.4 Monitor portátil ND-2000A**

Este instrumento debe ser encendido solamente para la detección y la medida de radiaciones ionizantes. Debe ser usado sólo por personas que estén capacitadas en analizar lecturas correctas y los procedimientos apropiados de seguridad por la presencia de la radiación.



**Figura 2.3 Monitor portátil ND-2000A.**

#### **Descripción**

La serie modelo ND-2000A es un instrumento sensitivo, portátil que mide tasa de radiación de pulsos de rayos X y radiación Gamma. El instrumento utiliza el último diseño en circuitos de estado sólido y no contiene tubos al vacío dando como resultado un artefacto de buen diseño y fidedigno.

Todas las instrucciones y advertencias de este instrumento, debe leerse antes del uso y debe ser estrictamente seguido, si no se sigue las instrucciones correctas y sus advertencias pueden dar como resultado lecturas inexactas o erróneas y exponerse el usuario. Verificar el uso para afirmar que el instrumento funciona correctamente.

## **Especificaciones**

Este diseño le permite el instrumento funcionar solamente con 2 baterías grandes. Provee una vida de la batería de encima 150 horas de operación continua y más largo con uso intermitente (lo más recomendado sería utilizar pilas alcalinas para su duración).

## **Especificaciones eléctricas**

- El suministro de fuerza

El suministro de fuerza de alto voltaje es un oscilador de bloqueo en el circuito. La porción bloqueadora del oscilador del circuito consta de transistor Q3, patillas 3-4 y 5-6 del transformador T1, potenciómetro R17 y baterías C8 viene sólo a suprimir la oscilación parásita de alta frecuencia que dio lugar por los parámetros del transistor. La porción de suministro de fuerza de alto voltaje del circuito consta de las patillas 1-2 de T1, rectificador CR5, la asociación resistencia, capacitores y diodos Z1 a través de la patilla 4. La sección baja del voltaje esta en las patillas 5-6 de T1, diodo CR4 y C7. La operación del suministro es como sigue: Cuando el instrumento está encendido, Q3 guía mientras una corriente creciente fluye a través de las patillas 3-4 y el colector de Q3. Esta corriente induce un voltaje en las patillas 5-6 de tal polaridad en lo que se refiere a sostener y aumentar la conducción de Q3. La corriente de colector continua incrementando en Q3 patillas 3-4 hasta que se vuelve constante, el voltaje inducido en las patillas 5-6 cae a cero a causa que la corriente de base se caiga, cual a su vez, causa la corriente fluyendo a través del colector y patillas 3-4 se caiga.

Esta corriente decreciente induce un voltaje en patillas 5-6 de tal polaridad en lo que se refiere a apagar el transistor. En cuanto que ésta es una acción regenerativa, Q3 se va sumamente rápido, causando el fundente en T1 para sufrir un colapso

repentinamente; esta más tarde es la acción, que induce alto voltaje en todas las patillas. La magnitud del voltaje es proporcional al número de vueltas de las patillas. El voltaje inducido en patillas 1-2 es extremadamente alto debido al número grande de vueltas. Esto está rectificado por CR5 y filtrado por C9 y R13, después el cual está regulado para 600V por Z1 a través de Z4. La acción regulable de los zeners está reflejada de regreso a través T1, y así el voltaje inducido en otra patilla está también regulado. Esta es ventaja tomada se aprovechó de esto en patillas 5-6 donde el voltaje inducido es rectificado por CR4 y se usa para energizar el resto de instrumento el voltaje inducido en la base luego regresa al cero, dé rienda suelta a que en Q3 para guiar otra vez y así repitiendo el ciclo; la tasa de repeticiones se controla por R17.

- El multivibrador monoestable

El circuito monoestable del multivibrador consta de Q1, Q2, puertos de calibración R3-5, R20, R26, S1 y los componentes asociados. Su función es proveer una salida actual uniforme de pulso para cada aporte de pulso, a pesar de la forma o la magnitud del pulso de aporte.

- Medida y tiempo constante del circuito:

El circuito que mide consta de M1 (medida), R17, y C2 (el condensador integrante), cuándo causa un pulso Q1 dejándolo cargado. Es luego descargado a través de M1 dando lugar que adentro se doble. La cantidad de deflexión es proporcional hasta un total del cargo, la cantidad de deflexión es proporcional hasta un total del cargo, lo cual a su vez es proporcional para la corriente común. Así M1 lee la corriente común a través de Q1, cuál es proporcional a la tasa y la amplitud. El tiempo de respuesta del sistema está en función del tamaño de condensador C2. Mientras mayor el condensador más toma para con la carga y descarga, así el tiempo de respuesta puede estar alterado cambiando la cantidad de capacitancia en el circuito.

- Detector

El detector usado en este instrumento es una energía compensada, Ne/lleño de gas halógeno en el tubo geiger mueller. La longitud efectiva es 0.625 pulgadas con un diámetro efectivo de 0.194 pulgadas. El espesor de la pared es 30 mg/cm cuadrados.

- El monitor auditivo optativo

Este consta de un transductor audio y sus componentes asociados. El operador notará cada pulso llegando al instrumento que es indicado por ahí claramente “chasquido” audible del transductor. Estos chasquidos o estos pulsos, como se producen de un tubo del detector de la radiación, está al azar espaciado con el tiempo a fin de que uno puede esperar pues varios segundos antes de que cualquier chasquidos se oigan y luego pueden haber dos o tres en la sucesión rápida. Las medidas precisas de fondo y otro punto bajo derivan radiación puede hacerse contando y cronometrando los chasquidos del orador con un reloj de pulsera teniendo una manilla de los segundos.

### **Funcionamiento**

Compruebe lo siguiente antes de usar:

- El interruptor giratorio para chequear de la batería. La aguja debería acomodarse en la zona indicada de la batería entre (6.8 y 8.2) reemplace las baterías si es necesario. No use instrumento si la aguja del instrumento no se registra en zona de la batería.
- Verificar la fecha de vencimiento de la calibración. No use si caduco esta fecha.
- Use una fuente de radiación de prueba para asegurar que la aguja del monitor empieza a leer la radiación.

Seleccionando rango y tomando una lectura:

- Encienda el instrumento a la posición del chequeo de baterías y vea que la aguja que vaya a la zona indicada. Con el instrumento en el rango x100 (0-1000 mR/hr), coloque el instrumento (pruebe) en la posición estar medido. Si la lectura está menos de 10 % de escala llena, cambie para la escala X10 (0-100 mR/hr). Si la lectura continúa menos de 10 % de escala llena, continúe cambiando la selección para los rangos más sensitivos: X1 (0-10 mR/hr) siendo lo más sensitivo. Este rango es útil en establecer perímetros seguros. La lectura medida siempre debería estar multiplicado por la posición del interruptor de rango.

## 2.5 Monitor portátil Inspector +

El Inspector+ es un instrumento para monitorizar riesgos para la salud y la seguridad que ha sido optimizado para detectar bajos niveles de radiación y medir radiación alfa, beta, gamma y rayos X.

Sus usos comprenden:

- Detección y medición de la contaminación superficial.
- Monitorización de posible exposición a radiación durante el manejo de radio nucleídos.
- Detección de contaminación ambiental.
- Detección de gases nobles y otros radio nucleídos de baja energía.



Figura 2.4 Monitor portátil Inspector+.

Descripción



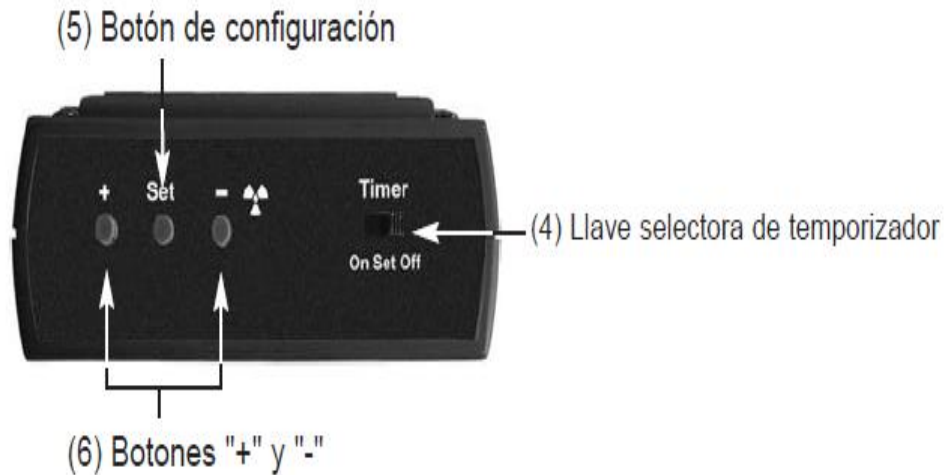
El Inspector+ mide radiación alfa, beta, gamma y rayos X. El instrumento ha sido optimizado para detectar pequeños cambios en los niveles de radiación y para tener alta sensibilidad a muchos radios nucleídos comunes. "Sensibilidad a los radio nucleídos comunes"

El Inspector+ cuenta los fenómenos ionizantes y exhibe los resultados en la pantalla de cristal líquido (LCD). El usuario selecciona la unidad de medición con la llave selectora de modalidad.

Toda vez que el Inspector+ esté funcionando, la luz roja de conteo (8) destellará cada vez que se detecte un impulso (un fenómeno ionizante).

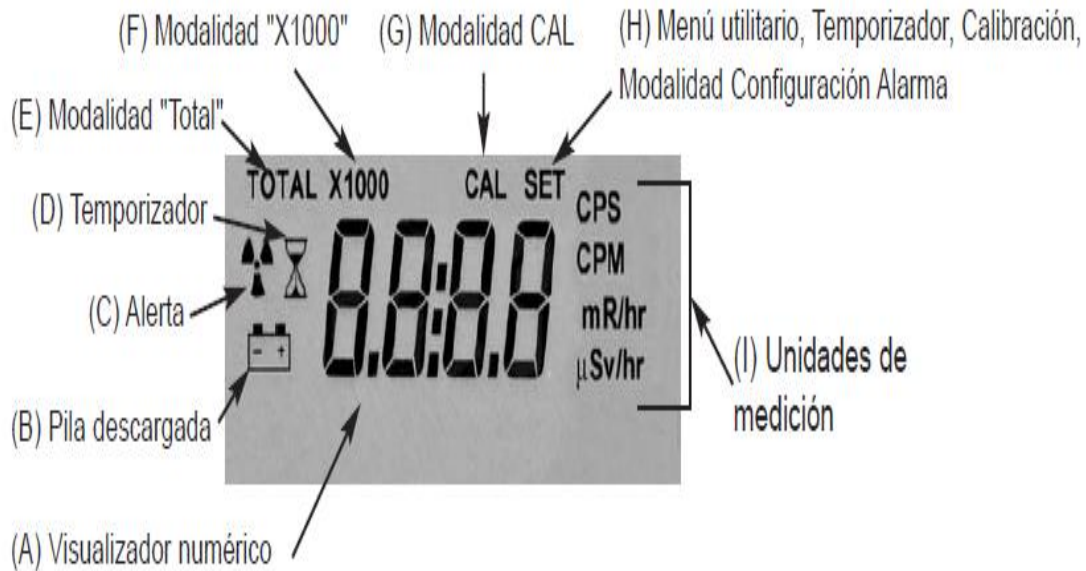


**Figura 2.5 Características del monitor portátil Inspector+.**



**Figura 2.6 Botones monitor portátil Inspector+.**

Pantalla (1): En la pantalla LCD se observan diversos indicadores según la modalidad seleccionada, la función realizada y la carga de la pila.



**Figura 2.7 Pantalla de monitor portátil Inspector+.**

Indicadores:

- El visualizador numérico (A) indica el nivel actual de radiación en la unidad especificada por el selector de modalidad.

- A la izquierda del visualizador numérico aparece una pequeña batería (B) el visualizador para indicar que la pila tiene poca carga.
- A la izquierda del visualizador numérico aparece un símbolo de radiación (C) cuando la modalidad "Alerta" está activada.
- A la izquierda del visualizador numérico aparece un reloj de arena (D) el visualizador cuando se activa la modalidad Cal o durante un conteo programado.
- TOTAL (E) aparece cuando el Inspector+ está en la modalidad Total/Temporizador (Total/Timer).
- X1000 (F) aparece cuando el valor del visualizador numérico tiene que multiplicarse por 1000.
- CAL (G) aparece durante la calibración del Inspector+.
- SET (H) (configuración) aparece cuando se programa el temporizador (el visualizador numérico indica el período programado en vez del nivel actual de radiación), en la modalidad Cal (el visualizador numérico indica el factor Cal en vez del nivel actual de radiación) y cuando se configuran los Menús de Utilidades y Alarma.
- La unidad de medida en uso (I)-CPM, CPS, mR/h o  $\mu\text{Sv/h}$  -se exhibe a la derecha del visualizador numérico.

Llaves Selectores: El Inspector+ tiene dos llaves selectoras en la parte frontal y una llave selectora y tres botones en el panel delantero. Cada llave puede colocarse en tres posiciones, cuya función se describe a continuación.

- mR/h  $\mu\text{Sv/h}$ . El visualizador numérico indica el nivel actual de radiación en miliroentgens por hora o, si se usan unidades.

SI (del sistema internacional), en microsieverts por hora.

En la modalidad mR/h, el Inspector+ exhibe el nivel de radiación desde 0,001 hasta 100.

En la modalidad  $\mu\text{Sv/h}$ , el Inspector+ exhibe el nivel de radiación desde 0,01 hasta 1000. En el "Menú de Utilidades".

- IPM IPS (CPM, CPS). En la modalidad IPM (Recuentos por Minuto), la visualización indica el nivel actual de radiación en impulsos por minuto desde 0 hasta 350.000. Cuando la visualización indica X1000, multiplique la lectura numérica por 1000 para obtener el nivel completo de radiación. Cuando se usan unidades SI, la visualización indica el nivel de radiación en impulsos por segundo, desde 0 hasta 5000.
- Total/Temporizador (Total/Timer). La visualización indica el total acumulado de impulsos desde 1 hasta 9.999.000. Cuando la visualización indica X1000, multiplique la lectura numérica por 1000 para obtener el nivel completo de radiación. La totalización comienza cuando se pone el selector en esta posición.
- Llave selectora Off/On/Audio (Apagado/Encendido/Audio).

Audio. El Inspector+ emite un chasquido cada vez que detecta un fenómeno de radiación.

On (Encendido). El Inspector+ está funcionando, pero la función de audio está desactivada.

Apagado (Off). No está funcionando el Inspector+.

- Llave selectora de temporizador.

Off (Apagado). El temporizador no está funcionando.

Set (Configurar). La duración del período temporizado puede programarse con los botones "+" y "-". Si el temporizador ya está funcionando, el visualizador indica el tiempo remanente en el período temporizado.

On (Encendido). El temporizador está funcionando y el visualizador indica el total de impulsos acumulados hasta este momento en el período temporizado.

- Botones "+" y "-": Se usan para ajustar el visualizador numérico para recuentos programados, configuración de alertas y durante la calibración.

### **Especificaciones**

- Detector: Interno: Tubo Geiger-Mueller con halógeno. Diámetro efectivo de 1,75" (45 mm). Densidad de la ventanilla de mica: 1,5-2,0 mg/cm<sup>2</sup>.

RAP~RSI Externo: El mismo detector que el modelo incorporado. Caja de aluminio anodizado con mango de vinilo negro. Alimentación de energía de 500 voltios ubicada en el cabezal de la sonda. Adaptadores: Amphenol 31226 twinax.

- Visualización: Una visualización de cristal líquido (LCD) de 4 dígitos incluyendo indicadores de modalidad.
- Gama Operacional: mR/h: 0,001 a 100,0.

IPM: 0 a 350 000.

Total: 1 a 9 999 000 impulsos.

mSv/h: 0,01 a 1000.

IPS: 0 a 5 000.

- Eficiencia 4p: Sr-(y) 90: aprox. 38%; C-14: aprox. 5,3%.  
P-32: aprox. 33%; Co-57: aprox. 0,3% en contacto.
- Sensibilidad Energética: 3340 CPM/mR/h en relación al Cs-137 lo más mínimo detectable para I a 125 es 0,02 mCi en contacto.

Respuesta Energética:

- Período Promedio: las actualizaciones se muestran cada 3 segundos y se muestra el promedio para el último período de 30 segundos a niveles normales. El período para los promedios disminuye a medida que aumenta el nivel de radiación.

Funcionamiento - Selección automática de rango, Actualización del visualizador.

- Gama del Factor CAL: 001 a 199.
- Temporizador: Puede programar períodos de muestreo de 1 a 10 minutos en incrementos de un minuto, de 10 a 50 minutos en incrementos de 10 minutos, y en 1 a 24 horas en incrementos de 1 hora.
- Rango de alerta: mR/h 0 a 50 CPM 0 a 160000.
- Precisión: mR/hr  $\pm 10\%$  typical (NIST),  $\pm 15\%$  max - 0 to 100.

$\mu\text{Sv/hr}$   $\pm 10\%$  typical (NIST),  $\pm 15\%$  max - .01 – 1000.

CPM  $\pm 10\%$  typical (NIST),  $\pm 15\%$  max - 0 to 350,000.

- Alarma Sonora: funciona únicamente en modalidad Audio.

- Anti saturación: La lectura se mantiene en plena escala en campos de hasta 100 veces la lectura máxima.
- Gama de Temperaturas: -10 °C a +50 °C, 14 °F a 122 °F.
- Potencia: Una pila alcalina de 9 voltios. La vida útil de la pila es al menos de 2160 horas con un fondo normal. Mínimo 625 horas a 1 mR/h.
- Dimensiones: 150 x 80 x 30 mm (5,9" x 3,2" x 1,2").
- Peso, incluyendo la pila: Inspector+ 327.4 gramos (11.55 oz).

## **Funcionamiento**

### Unidades de Medida

El Inspector+ está diseñado para usar unidades convencionales (miliroentgens por hora e impulsos por minuto) o unidades SI (microsieverts por hora e impulsos por segundo). Para alternar entre unidades convencionales o SI, elija la Opción 2 en el Menú de Utilidades.

### Encendido del Inspector+

Antes de encender el Inspector+, instale una pila alcalina estándar de 9 voltios en el compartimiento correspondiente de la parte posterior inferior. Nota: coloque la pila contra la pared de fondo y asegúrese de que los cables pasen por el costado de la pila y no por debajo de la misma.

Encendido. Para encender el Inspector+, coloque la llave selectora superior en la modalidad deseada y coloque la llave selectora inferior en la posición "On" o "Audio". El Inspector+ iniciará entonces una verificación del sistema que dura seis segundos. Se exhiben todos los indicadores y números.

Después de la verificación del sistema, el nivel de radiación se exhibe en la modalidad seleccionada. Aproximadamente treinta segundos después de encender el Inspector+ en marcha, un breve pitido indica que se ha reunido suficiente información para asegurar la validez estadística de las medidas.

Actualización del visualizador. En las modalidades de tasa de dosis, el visualizador numérico se actualiza cada tres segundos. En la modalidad Total/Temporizador (Total/Timer), el visualizador numérico se actualiza dos veces por segundo.

Nivel Máximo. Cuando se alcanza el nivel máximo para la modalidad actual, el Inspector+ emite pitidos por tres segundos, hace una pausa por tres segundos y luego repite el ciclo. El visualizador numérico destella. El patrón de pitidos y el visualizador destellante continúan hasta que el nivel disminuye o se apaga el Inspector+.

Tiempo de Respuesta (Cálculo automático de promedios). Cuando el nivel de radiación es inferior a 6000 CPM, la lectura de la tasa de dosis en cualquiera de las modalidades se basa en la radiación detectada en los últimos 30 segundos. Para responder más rápidamente a los cambios, cuando el nivel de radiación supera los 6000 CPM en cualquier período de 30 segundos, la lectura se basará en los 6 últimos segundos. Cuando el nivel de radiación supera los 12000 CPM en cualquier período de 30 segundos, la lectura se basará en los 3 últimos segundos. Nota: puede elegir la respuesta de 3 segundos en cualquier nivel de radiación por medio del "Menú de Utilidades".

<b>Después de estar encendido por 30 segundos, si el instrumento detecta...</b>	<b>La lectura se basará en un promedio de los últimos...</b>
(<100 IPS) < 6 000 IPM o <1,75 mR/h	30 segundos
(100 -200 IPS) 6 000-12 000 IPM o 1,75-3,6 mR/h	6 segundos
(>200 IPS) >12 000 IPM o >3,6 mR/h	3 segundos, respuesta rápida

**Tabla 2.1 Recuentos por segundo.**

Selección Automática de Gama y selección automática de rango

Cuando en algunas modalidades los niveles de radiación aumentan por encima de ciertos niveles predeterminados, el Inspector+ usa la selección automática de rango para cambiar automáticamente a la escala "X1000". Cuando aparece X1000 encima del visualizador numérico, multiplique la lectura visualizada por 1000 para determinar el nivel de radiación.

Modalidad	Rangos exhibidos
CPM            0 a 2 999 IPM	> 2 999 X1000 3,000 (3 000) IPM a 3500 (350 000)CPM
Total/ Temporizador    0-9 999 impulsos	> 9 999 X1000 10,00 (10 000) a 9999 (9 999 000) impulsos

**Tabla 2.2 Cuentas por minuto.**

### **Funcionamiento en las modalidades tasa de dosis**

Precaución: 1. Cerciórese de que no haya ninguna obstrucción entre la ventanilla del detector y la fuente que esté vigilando/controlando. 2. Evite tomar medidas con la ventanilla GM orientada hacia el sol, pues eso podría afectar las lecturas.

Cuando el selector de modalidades está en mR/h  $\mu$ Sv/h o CPM CPS, el visualizador numérico se actualiza cada tres segundos. Si la tasa de impulsos fuera baja, los cambios importantes en el nivel de radiación exhibida podrán demorar hasta 30 segundos en estabilizarse.

CPM o CPS y los recuentos totales son los métodos más directos de medición; mR/h (o  $\mu$ Sv/h) se calcula usando un factor de conversión optimizado para el Cesio 137. Esta modalidad es menos precisa para otros radio nucleídos a no ser que se haya calibrado el Inspector+ para un radio nucleído similar.

Los indicadores más inmediatos del nivel de radiación son la señal sonora y la luz de conteo. Transcurrirán 3 segundos antes de que se exhiba un cambio en el



visualizador numérico, a menos que se esté usando la modalidad Total/Temporizador (Total/Timer).

### **Funcionamiento en la Modalidad Total/Temporizador (Total/Timer)**

Cuando la llave selectora de modalidad se coloca en Total/Temporizador (Total/Timer), el visualizador numérico se actualiza dos veces por segundo y se inicia la totalización.

#### Medición de un recuento temporizado

Cuando se toma un recuento temporizado durante un período más largo, el recuento promedio por minuto es más preciso, y cualquier aumento pequeño es más significativo. Por ejemplo, si un promedio para un intervalo de 10 minutos supera en un impulso otro promedio de 10 minutos, el aumento podría ser el resultado de una variación normal. Pero durante 12 horas, un aumento de un impulso basado en el promedio de fondo de 12 horas podrá ser estadísticamente significativo.

El Inspector+ mide un recuento total para un período temporizado que puede ser desde un minuto hasta 24 horas. Si el período considerado fuera inferior a 1 minuto, observe la cuenta regresiva en segundos que aparece en la pantalla. El temporizador puede detenerse manualmente en cualquier momento que se desee.

Siga estos pasos para tomar un recuento temporizado:

1. Con el Inspector+ funcionando, coloque la llave selectora de modalidad en Total/Temporizador (Total/Timer) y la llave selectora del Temporizador en el panel delantero en Configurar (Set). En la pantalla aparecerán los símbolos del reloj de arena y "SET"; el valor visible será 00:01 (un minuto).
2. Use los botones "+" y "-" para fijar el período temporizado. El período temporizado puede ser de 1 a 10 minutos en incrementos de un minuto, para 10 a 50 minutos en incrementos de diez minutos, o de 1 a 24 horas en incrementos de una hora.
3. Coloque la llave selectora del Temporizador en Encendido (On). El Inspector+ emite tres pitidos e inicia el conteo. El símbolo del reloj de arena destella durante el período seleccionado.

Si desea ver cuántos minutos restan, coloque la llave selectora del Temporizador en Configurar (Set). El visualizador realiza una cuenta regresiva desde el tiempo fijado en horas y minutos hasta cero. Por ejemplo, si la pantalla indica 00:21, restan 21 minutos. Durante el tiempo seleccionado puede alternar entre Total/Temporizador y las modalidades de tasa de dosis sin por ello interrumpir dicho tiempo seleccionado. El indicador de reloj de arena se muestra en todas las configuraciones y estará destellando mientras funcione el temporizador.

4. Al final del período seleccionado, el Inspector+ emite tres pitidos y repite los pitidos varias veces durante quince segundos. La cifra exhibida es el recuento total.

5. Coloque la llave selectora del Temporizador en la posición de Apagado (Off) para volver al funcionamiento normal.

Para determinar los impulsos promedio por minuto para el período temporizado, divida el total por el número de minutos.

6. Para reconfigurar el temporizador para hacer otra medición, mueva la llave selectora del temporizador a la posición de Apagado (Off) y luego regrésela a la posición de Encendido (On). El instrumento conservará el temporizador.

Uso de modalidades de tasa de dosis mientras el temporizador está activado

Las modalidades de la tasa de dosis pueden utilizarse mientras el temporizador está activado. En cualquier modalidad de tasa de dosis el indicador del reloj de arena continuará destellando durante el período temporizado. Al final de dicho período, el reloj de arena permanecerá continuamente encendido y la lectura temporizada se mantendrá en la modalidad de Total/Temporizador (Total/ Timer).

Medición de un recuento total

El temporizador puede tomar recuentos temporizados de períodos de hasta 24 horas. Es posible tomar un recuento sin el temporizador, por ejemplo, tomando un recuento por un período superior a 24 horas. Para ello, siga estos pasos:

1. Ponga el Inspector+ en el lugar donde usted piensa efectuar el recuento.

2. Anote la hora.
3. Inmediatamente, cuando usted anote la hora, ponga el selector de modalidad en Total/Temporizador (Total/Timer).
4. Al final del período temporizado, anote la hora y el número de impulsos en la visualización numérica.
5. Reste la hora al comienzo de la hora al final para determinar el número exacto de minutos en el período temporizado.
6. Para obtener el recuento promedio, divida el recuento total por el número de minutos en el período temporizado.

#### Uso de alertas

Cuando usa la opción 2 del menú de utilidades para alternar entre las unidades de medición, la alerta se restablece al nivel predeterminado de alerta de 0,1 mR/hr (1,0  $\mu$ S/hr). La alerta puede establecerse en mR/h o en CPM. Cuando se alcanza el umbral de la alerta, se escuchará un pitido hasta que se desactive la alerta o el nivel de radiación caiga por debajo del umbral predeterminado.

1. Para configurar la alerta, oprima el botón "SET" del panel delantero; aparecerán los símbolos "ALERT" (alerta, símbolo de radiación) y "SET" (configurar).
2. Use los botones "+" y "-" para seleccionar el valor deseado.
3. Oprima una vez el botón "SET" para guardar el valor en la memoria. Vuelva a oprimirlo para activar la modalidad alerta. En la pantalla se verá el símbolo "ALERT", para indicar que el instrumento está funcionando en esa modalidad.
4. Para usar el valor de alerta previamente seleccionado, oprima el botón "SET" dos veces; así se activará la modalidad alerta.
5. Para desactivar la modalidad alerta, vuelva a oprimir el botón "SET". Observe que ya no se verá el símbolo "ALERT".

#### Menú de Utilidades

El Menú de Utilidades permite cambiar los valores predeterminados de diversos parámetros. Una vez cambiada la configuración, se mantendrá en efecto a menos que se la cambie usando el Menú de Utilidades.

1. Para activar el Menú de Utilidades, mantenga oprimido el botón "+" mientras enciende el instrumento. En la pantalla se verá el símbolo "MENU". Deje de oprimir el botón "+" y verá un "1", correspondiente a la opción 1, junto con el símbolo "MENU".

2. Para desplazarse por el menú, oprima factor Cal.

3. Para seleccionar una opción, oprima el botón "SET" y se mostrará el símbolo "SET".

4. Use los botones "+" o "-" para alternar entre las opciones y oprima el botón "SET" para ingresar el nuevo valor. El instrumento continuará funcionando en la modalidad de Menú de Utilidades y en la pantalla se verá "0" y "MENU".

Para seleccionar otra opción del Menú de Utilidades, repita el proceso anterior.

5. Para salir del Menú de Utilidades, oprima el botón "SET" cuando lo desee. El Inspector+ continuará con la rutina de encendido normal. Vea las opciones en la tabla siguiente:

Opciones	Funciones	Comentarios
1. Promedio automático o promedio de 3 segundos	"On" selecciona promedio automático y "Off" selecciona promedio de 3 segundos (respuesta rápida)	Refiérase a "Tiempo de respuesta"
2. Unidades de medición	Selecciona mR/hr y CPM o $\mu$ Sv/hr y CPS	
3. Configuración Cal 100 necesario	Reconfigura	Oprima el botón "Set"; no es necesario alternar
4, 5, 6	Reservado para futuras opciones	

7. Selección del factor Cal	Selecciona manualmente el factor Cal	Use los botones "+" y "-" para aumentar o disminuir el valor deseado
8. Selección del va predeterminado en fábrica	Automáticamente regresa los valores de Cálculo automático de promedios, mR/h, CPM y CAL 100 a los valores originales de fábrica	Oprima el botón "Set"; no es necesario
9. Número de versión	Indica el número de versión del programa	

**Tabla 2.3 Características del menú.**

## 2.6 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2

El dosímetro personal DoseRAE 2 es un monitor electrónico delgado que directamente puede leer rayos X o rayos Gamma dosis equivalente y tasa de dosis equivalente.



## Figura 2.8 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.

### Descripción

DoseRAE 2 es un detector personal electrónico compacto. El monitoreo de tasa de la dosis de la radiación de tiempo real consiente reacción inmediata en caso de las ocurrencias de la radiación y así reduce la exposición de la radiación. Por el equivalente medidor de la dosis y la tasa de equivalente de la dosis, este detector proveen las funciones de un dosímetro también. También mide tasa de la radiación de exposición y de exposición, lo cual es apropiado para controlar la exposición de respondientes de emergencia para la radiación del fotón.

- Dosímetro electrónico autónomo con pantalla LCD.
- Múltiples unidades con lector y software para poder ser usado el dosímetro en el sistema.
- Continuo Digital la tasa de dosis su lectura en Rem/h, Sv/ h y R/ h.
- Continuamente acumulado la dosis total, la a lectura en Rem, Sv y R.
- Prominente visible, audible y vibración en su alarma.
- Vida de calibración larga.
- Dos llaves de operación, Simple Intuitivo programación

### Especificaciones

Entre las especificaciones tenemos lo siguiente:

- Sensores Gamma: CsI (TI)+ fotodiodo (radiación baja en el ambiente) Energía-compensada PIN diodo (nivel de protección de radiación).
- Rango de dosis: 0  $\mu$ Sv a 10 Sv (0  $\mu$ R a 1140 R).
- Rango de la tasa de dosis: 0.01 $\mu$ Sv/h a 10 Sv/h (1 $\mu$ R/h a 1140 R/h).
- Exactitud de dosis:  $\pm$ 15%.
- Exactitud de la tasa de dosis:  $\pm$ 20% (10 $\mu$ Sv/h a 10Sv/h o 1.14mR/h a 1140R/h)  $\pm$ 30% (0.01 $\mu$ Sv/h a 10 $\mu$ Sv/h o 1 $\mu$ R/h a 1.14mR/h)
- La respuesta de energía: 20 keV a 6 MeV radiación gamma y rayos X.
- Tamaño: 3.3" x 2.2" x 0.4" (85 x 55 x 9.6 mm).

- Peso: 1.8 oz. (50g) con batería y clip.
- Batería: LIR2450 batería recargable.
- Horas de operación: 200 horas y se tiene que cargar después.
- Comunicación: Interfaz USB con computadora.
- Alarmas: Timbre fuerte audible (85+dB @ 30 cm/12"). Led brillante altamente visible y vibración de alarma incorporada.
- Ajuste de alarmas: Alarma de dosis (ajustable para (1.0 $\mu$ Sv a 10Sv o 114 $\mu$ R a 1140R). Alarma de tasa de dosis (ajustable 1.0 $\mu$ Sv/h a 10Sv/h o 114 $\mu$ R/h a 1140R/h).
- Temperatura: -20°C to 50°C (-4°F to 122°F).
- Humedad: 0% a 95% (no-condensable).
- Resistencia de impacto: Prueba caída de resistencia 1.5m (59").

### **Funcionamiento**

DoseRAE 2 tiene dos modos de funcionamiento:

#### **Funcionamiento en modo normal.**

Mide tasa de la dosis de la radiación de la gama y acumula lecturas para datos de la dosis. Se presiona MODE y secuencialmente da paso a todas las funciones. Se presiona SET para dar paso a las subfunciones.

Cuando usted alcanza la última función, regresa a la primera función en la lista de funciones.

- Dosis y Tasa de dosis

Cuando se enciende el DoseRAE 2, está en modo de funcionamiento normal y la pantalla muestra la dosis acumulada. Se presiona SET para ver la tasa de la dosis de fondo actual. Se presiona otra vez SET y nos muestra en la pantalla "d.clr" que sirve para eliminar la dosis acumulada.

- Alarma al valor de la dosis

La Alarma de la Dosis le alerta cuando un límite de la dosis es excedido. Usted puede cambiar al DoseRAE 2 de cuenta abajo de para la operación de alarma de la

dosis. En la cuenta regresiva y el tiempo quedando filtrado (donde dice, por ejemplo, 480m), se presiona MODE. La letra "D" aparece en la parte izquierda superior de la pantalla, junto con "AL".

Se presiona SET y la pantalla mostrara el valor de pre-alarma de la dosis. En el modo de Alarma de la Dosis, el valor de pre-alarma se calcula basado en el valor que establece la alarma. (El valor predeterminado de pre-alarma es 80 % del valor de alarma). Se presiona SET para obtener en la pantalla el despliegue de valor de alarma de la dosis. La alarma de la dosis por defecto de la fábrica tiene el valor de 1000 mSv. Cuando la alarma de la dosis es activada, un símbolo de precaución es mostrado en la pantalla.

- La alarma de la tasa de dosis

La Alarma de Tasa de la Dosis le alerta cuando el valor de la dosis por la hora excede el valor determinado. Se presiona MODE para cambiar para la alarma de la Tasa de Dosis. La letra "R" aparece en la parte izquierda superior de la pantalla, junto con "AL".

Presionar SET para llegar a la pantalla de valor de alarma de Tasa de la Dosis. La alarma de defecto de la fábrica es 1000mSv/hr.

- La identificación de usuario

De la pantalla de alarma de Tasa de Dosis, se presiona MODE para cambiar a Identificación de Usuario.

La identificación de usuario puede usarse para distinguir a los trabajadores individuales y rastrear a cada trabajador su registro de dosis. La Identificación de Usuario en la que puede cambiarse en Modo Programación o vía PC corriendo el Software ProRAE.

- El Reloj /calendario

De la pantalla de Identificación de Usuario, se presiona MODE para cambiar a reloj y calendario.



El DoseRAE 2 tiene un calendario y reloj interno en el que puede cambiarse en Modo Programación o vía PC corriendo el Software ProRAE.

- La Temperatura Ambiental

De la pantalla de Reloj/calendario, se presiona MODE para cambiar a Temperatura Ambiental.

La unidad ambiental de temperatura puede ser seleccionada para salir a la vista como Fahrenheit (°F) o Celsius (°C) en Modo Programación o vía PC corriendo el Software ProRAE.

### **Funcionamiento en modo programación.**

El modo programador sirve para cambiar trasfondos de alarma y del instrumento (como unidad de medida, la unidad de temperatura y el tiempo).

Si usted no pulsa una tecla en 60 segundos mientras esta en Modo Programador, el despliegue vuelve a la parte superior de la lista de funciones del submenú en el menú actual.

- Entrada en modo programación

De modo funcionamiento normal, simultáneamente la presione y agarre MODE y SET por tres segundos. La pantalla de entrada de contraseña es mostrada. Se presione MODE para avanzar al dígito y se presione SET para incrementar cada dígito de 0 a 9.

- Navegando en modo programación

Una vez que usted ha digitado Modo Programación, usted puede dar un paso a través de trasfondos organizados por nueve pantallas principales del menú. Cada pantalla del menú tiene submenús, accedido a por ahí presionando SET.

- El valor de alarma de la dosis

El valor de alarma de la dosis le deja colocar el límite en el cual una dosis de radiación provoca la alarma.

Para hacer cambiar, presionar SET. El primer led parpadea. Presionar SET para incrementar cada dígito (0 hasta 9). Se presiona MODE para avanzar al siguiente

dígito. Después del último dígito, presionar MODE y el punto decimal parpadea. Usted puede mover el punto decimal presionando SET. Cada vez que se presione SET, el punto decimal activa un dígito a la derecha.

Una vez que se selecciona el valor, presionar MODE para que el símbolo de la unidad de medida parpadee. Se presiona SET y cambia de mSv, Sv o uSv.

- La alarma de la tasa de dosis

El valor de alarma de Tasa de la dosis le deja colocar la tasa en la cual los niveles de la radiación se convierten en gatillo la alarma.

Para hacer cambiar, presionar SET. El primer led parpadea. Presionar SET para incrementar cada dígito (0 hasta 9). Se presiona MODE para avanzar al siguiente dígito. Después del último dígito, presionar MODE y el punto decimal parpadea. Usted puede mover el punto decimal presionando SET. Cada vez que se presione SET, el punto decimal activa un dígito a la derecha.

Una vez que se selecciona el valor, presionar MODE para que el símbolo de la unidad de medida parpadee. Se presiona SET y cambia de mSv/hr, Sv/hr o uSv/hr.

- La unidad de la dosis

Usted puede colocar la Unidad de la Dosis por las opciones del menú. Se presiona SET para cambiar. Se presiona SET para observar las tres opciones, Sv (Sieverts), rem y R (Roentgen). Cada uno está asignado un número (además de su abreviación) y poder seleccionar una de estas unidades de dosis.

- La Unidad de Temperatura

El submenú de la Unidad de Temperatura le deja por defecto si el despliegue demuestra grados en centígrado o el Fahrenheit.

Se presiona SET para cambiar la Unidad de Temperatura a una de las dos opciones que se tiene.

## **2.7 Monitor multiuso RDS-31**

El RDS-31 monitor multiuso de medición continúa la línea de RADOS para ofrecerle un diseño moderno y apropiado para el monitoreo de la radiación.



**Figura 2.9 Monitor multiuso RDS-31.**

### **Descripción**

RDS-31 es un instrumento que puede ser sujetado por una mano pequeña, este instrumento opera utilizando una batería tiene un GM-TUBE como un detector primario. Es utilizado para una gran variedad de aplicaciones en uso de seguridad civil, rescate, industrial y laboratorio debido a sus funciones versátiles. Con el Software acompañante de configuración, es fácil de optimizar el comportamiento del instrumento para las condiciones diversas de funcionamiento y necesidades. El menú funciona, que está disponible para el usuario final, puede seleccionarse lo esencial para las funciones, colocar alarma, limpiar la dosis y la configuraciones de las funciones del histograma.

En otras palabras, esta medida tiene su lugar donde quiera que el usuario desee observar radiaciones ionizantes en ambiente lugares de trabajo.

RDS-31 presenta ergonomía excelente; es ligero y manejable con alarmas visuales y audibles y una alarma incorporada que vibra. El instrumento puede ser sujetado y maniobrado firmemente aún bajo condiciones difíciles gracias al agarre de goma alrededor del instrumento. La pantalla de cristal líquido grande con una Energía Salvo Iluminación de Fondo puede ser leída totalmente en la oscuridad y en la luz. Adicionalmente, para aumentar la operación fácil del instrumento, la operación de atajo puede ser configurado para los botones. Esta función consiste en el método fácil configurable y de realizar repetidas operaciones como la colección de muestras en el Histograma, el despliegue de valor de la Dosis, el diagnóstico, etc. Además, para ayudar a los usuarios a acostumbrarse la operación de atajo, una función nueva de despliegue de Visualización puede ser configurada en las operaciones. Con esta ayuda, es posible ajustar el botón para la medida deseada.

Este instrumento es fácil de usar, también le ofrece posibilidades versátiles a medir otros tipos de calidades de la radiación por sondas externas.

La medida provee una función protectora adicional al usuario: Mientras la parte exterior monitorea, todavía está midiendo simultáneamente la tasa de la dosis usando el detector del instrumento. Esto le permite la alarma sonar en caso que la tasa de la dosis sea alta o la dosis acumulada sea alta también.

El RDS-31 está listo para uso después de que las baterías hayan sido colocadas.

## **Especificaciones**

Entre las especificaciones tenemos lo siguiente:

### **Especificaciones radiológicas**

Entre las especificaciones radiológicas tenemos lo siguiente:

- Detector de radiación: rayos X y Gamma, 48 keV a 3 MeV; radiación Alpha y Beta con sondas del parte exterior.
- Dosis equivalente ambiental  $H^*(10)$ .
- Rango de medición de tasa de dosis: 0.01 uSv/h a 0.1 Sv/h o 1 urem/h a 10 rem/h.

- Rango de medición de dosis: 0.01 uSv a 10 Sv o 1 urem a 1000 rem.
- Resolución: tres dígitos significativos o 0.01 uSv/hr en tasa de dosis y 0.01 uSv en dosis (1 urem/hr en tasa de dosis y 1 urem en dosis).
- Exactitud de calibración: +-5%, Cs 137, dirección de calibración y en el campo de calibración, temperatura +20 °C (68°F).
- Linealidad en tasa de dosis: +-15% +- el número significativo mínimo 0.05 uSv/h a 0.1 Sv/h (5 urem/h a 10 rem/h)
- La variación de la respuesta debido a la energía de la radiación del fotón y el ángulo de incidencia: (Re,a) 71% < Re,a < 160% (48 keV a 3 MeV), +-60°.

### **Especificaciones eléctricas**

Entre las especificaciones eléctricas tenemos lo siguiente:

- El suministro de energía: 2 x AA baterías de tamaño (alcalinas o NiMH).
- Los contactos externos de batería NiMH (condiciones de carga 5°C a 35°C).
- El tiempo de operación con baterías recientes son de 4 meses en radiación de fondo en 23°C, 8 h usados en 24 h.
- El tiempo de operación con baterías NiMH cargadas son de un poco más de 1 mes en radiación de fondo en 23°C, 8 h usados en 24 h. En las temperaturas superiores la operación será más corta.
- Vida de baterías de cadmio 1000 h (Cuando sólo las características estándar se utilizan).

### **Especificaciones mecánicas**

Entre las especificaciones mecánicas tenemos lo siguiente:

- Carcasa de alto impacto de plástico durable reforzado con fibra de vidrio.
- El diseño ergonómico, agarre de goma alrededor de la carcasa.
- La clase del sellado IP67 (IEC 60529), Suaviza el compartimiento de la batería que incluye prueba.
- Dimensionamiento: 100 mm x 67 mm x 33 mm (3.93 pulgadas x 2.63 pulgadas x 1.29 pulgadas).
- El peso: 175 g sin baterías (0.385 lb), 220 g con baterías (0.485 lb).

- Correa para la muñeca o el cuello.
- Clip para cinturón.

### **Especificaciones medioambientales**

**Entre** las especificaciones medioambientales tenemos lo siguiente:

- Temperatura de operación -25 °C a +60 °C (-13 °F a +131 °F).
- Temperatura de almacenamiento -40 °C a +70 °C (-40 °F a +158 °F).
- Humedad relativa: hasta 85% en +35 °C (90 °F).
- Cumple con los niveles de RF-IMMUNITY de estándares aplicables.

### **Funcionamiento**

El instrumento tiene dos botones. Se utiliza para cambiar los parámetros operacionales del instrumento, el menú debe ser activado. Un bip corto es audible cuando el botón es presionado.

Para activar el menú:

Presionar el botón por corto tiempo, La pantalla nos mostrara la primera opción del menú. Suelte el botón. Ahora el menú es activado pues 14 segundos y las opciones del menú pueden ser desplazados línea a línea presionando el botón por poco tiempo.

Para activar la opción del menú:

Cuando la opción del menú deseada es requerida, presione el botón poco tiempo y la opción del menú deseada se activa.

Si el interruptor de botón no se presiona 14 segundos después de activar una opción del menú, el menú y la opción del menú serán desactivados automáticamente y regresa a la pantalla de la tasa de dosis.

Nota: En algunas situaciones la función de los botones varía por defecto. Las funcionalidades cambiadas están descritas más adelante.

El instrumento comienza a medir la tasa de la dosis y acumular la dosis inmediatamente cuando el instrumento es conectado. Durante la puesta en marcha

inicial, el instrumento le informa al usuario que el tiempo del Reloj de Tiempo Real no ha sido determinado. Esto es realizado con el Software de Configuración CSW-31.

Los parámetros del instrumento pueden variarse usando las funciones del menú. El Software de Configuración de RDS-31 (CSW-31). Está obligado a cambiar esos parámetros que son deshabilitados del Menú del Instrumento o es incluido sólo en el CSW-31. La mayor parte de las funciones del menú pueden ser deshabilitadas con el software. Cuando el menú del instrumento ha sido activado y el interruptor de botón no es presionado siete segundos, retorna a la pantalla de la tasa de dosis.

- La indicación de la unidad medidora.

Básicamente el instrumento RDS-31 tiene dos unidades disponibles para las medidas cuándo usa el GM-detector interno: basado en las unidades de Sv y rem. Un adecuado submúltiplo “u” o “m” que se prolonga en el rango de la pantalla. Además la “/h” es aplicada para indicar la tasa de la dosis. Con sondas exteriores, las unidades adicionales pueden ser provistas en la pantalla, dependiendo del detector externo.

Con detectores gamma externos, básicamente las mismas unidades se puede también usar (Sv/h, Sv, rem/h y rem). Con detectores externos de modo de pulso (GMP-11/15), la pantalla puede ser configurado para las unidades (cps, cpm, dpm, Bq o Bqm).

- Iluminación de la pantalla

Para encender la iluminación, presione el botón una vez y la iluminación de fondo de pantalla estará alumbrada por 10 segundos.

Nota: El estado de la iluminación de fondo dependerá de la configuración y la condición ligera ambiental.

- Manejando el menú del instrumento

La lista actual del Menú está completamente bajo la dependencia de la configuración existente del instrumento. Presionar el botón sólo clarificará la pantalla y realizará algunas funciones internas.

La siguiente mesa resume el primer nivel de todas las funciones posibles del menú. El usuario tiene la libertad total para optimizar el instrumento para el trabajo específico quitando esos componentes del menú que no son necesarios para el trabajo a fin de que las funciones necesarias pueden ser alcanzadas más fácilmente.

- Característica especial: La función de atajo

Ambos botones pueden estar programados con dos operaciones adicionales cuando el despliegue del instrumento demuestra los valores normales de tasa de la dosis. Estas operaciones pueden ser determinadas con el software CSW-31. Presionar por tiempo largo el botón se usa para activar la función de atajo.

Por ejemplo, el botón de On/Off puede estar programado a fin de que al ser presionado por un tiempo largo cambia el instrumento a apagado. El defecto está a través de la operación del Menú. Alternativamente, el botón Menú puede estar programado para realizar el Almacenamiento Manual del Histograma con un presionado intermedio del botón y un cambio de la Posición con un largo presionado del botón. Con esta programación es fácil de adquirir las medidas nuevas de varios espacios diferentes al realizar la vigilancia de la Planta.

- Opciones del menú

Opciones del menú	Funciones
OFF	Desconectando el instrumento (La acción inmediata presionando el botón).
DOSE	Compruebe y ponga a cero el valor acumulado actual de la dosis.
MAX.DR	Compruebe y ponga a cero la tasa de dosis registrada actual desde la última reanudación.
CHIRP	Ajuste la sensibilidad de la indicación visual y audible de pulso-
DR AL	Compruebe y cambie el nivel activado del umbral de alarma de tasa de la dosis.
DOS.AL	Compruebe y cambie el nivel activado del umbral de alarma de la dosis.



TM.2.AL	Muestra en la pantalla el tiempo restante de trabajo hasta que la siguiente alarma de la dosis sea activada en el campo actual de tasa de la dosis.
DIAG	Active el diagnostico interno, compruebe la aptitud del software de revisión y de la batería.
CONN	Active la comunicación con CSW-31 usando al RF-enlace.
HISTO	Maneje las funciones del histograma y / o escoja manualmente los valores actuales de datos en la memoria.

**Tabla 2.4 Funciones del menú.**



### **CAPÍTULO III**

#### **DESCRIPCION TECNICA DE LA PASANTIA EN LA INSTITUCION**

##### **3.1 Actividades técnicas**

Las actividades que se realizaron son las de calibración, mantenimiento, verificación y soporte técnico de distintos tipos de monitores detectores de radiación como ser: geigers, geiger – sonda, alarma sónica, multisonda, Lapicero, Cámara de Ionización dosímetros se realizaron diferentes aspectos técnicos antes de su calibración de los equipos de distintas marcas como ser: Muller, Dose Rae, Graetz, Ludlum, Arrow – Tech, NDS Products, Victoreen, Eurisys Mesures, Biodex.

El trabajo en instituto consistía en realizar la calibración y soporte técnico de los monitores detectores de radiación, para lo cual se ingresaba al Laboratorio de calibraciones, la finalidad de este laboratorio es la de calibrar instrumentos medidores de radiación. Un monitor de radiación calibrado permite la evaluación correcta de la zona de trabajo y garantizar la salud de los trabajadores. También realiza la irradiación a dosímetros personales y a sus detectores (cristales de LiF) para su calibración y control de calidad respectivamente.

Se dispone de irradiadores con fuentes radiactivas de Cesio 137 y Cobalto 60, controlados por el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.



**Figura 3.1 Irradiadores OB 32 Flujo Canalizado con Cobalto 60.**



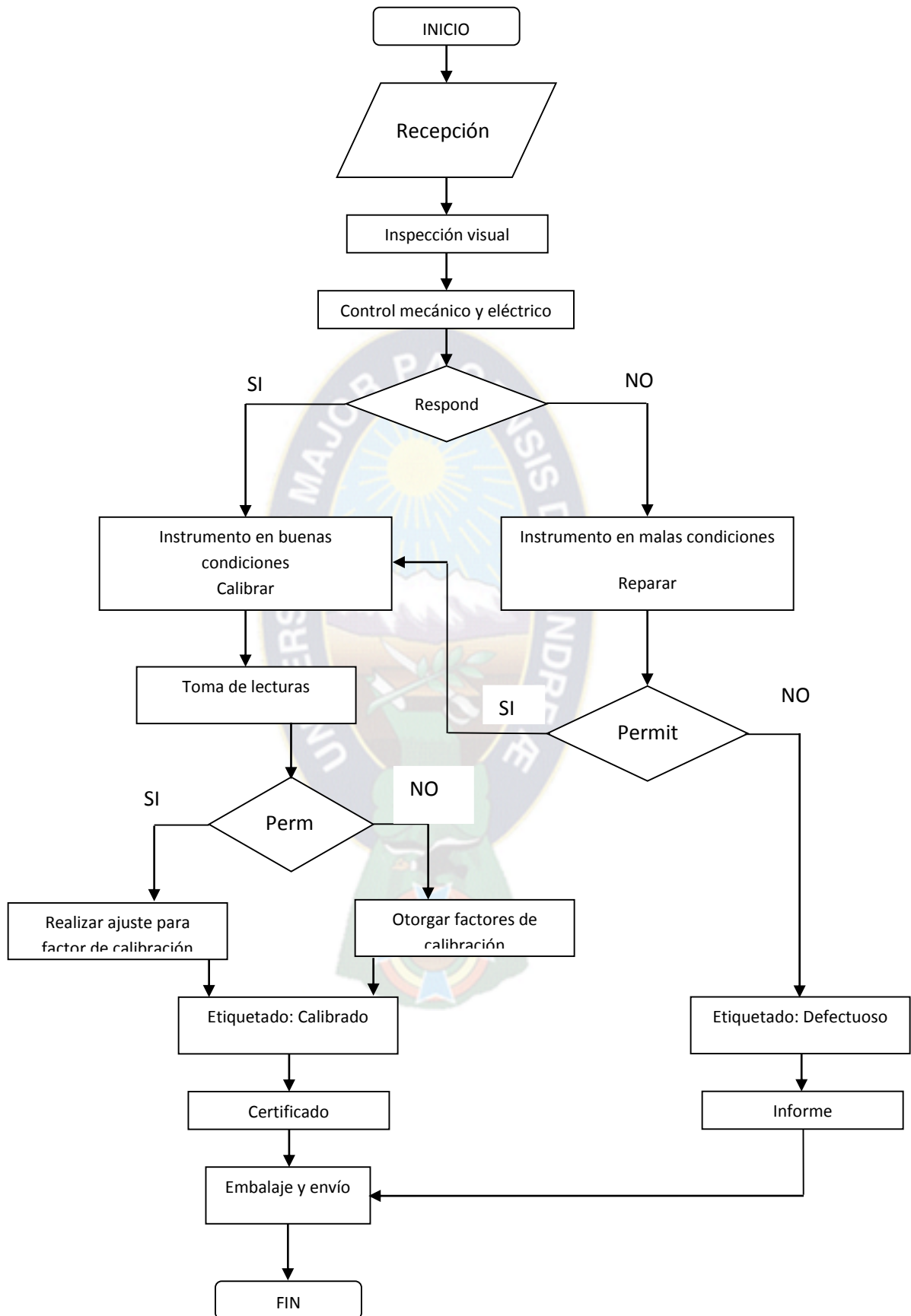
**Figura 3.2 Irradiador OB 32 Flujo Abierto con Cobalto 60.**



**Figura 3.3 Irradiador Amersham 773 con Cesio 137.**

Si se presentan problemas en los monitores detectores de radiación se procede a realizar el diagnóstico del equipo, para después consultar si se desea la reparación del mismo, llenando después el informe (Certificado de calibración), donde se detalla la falla o avería del equipo y si se reemplazó algún componente.

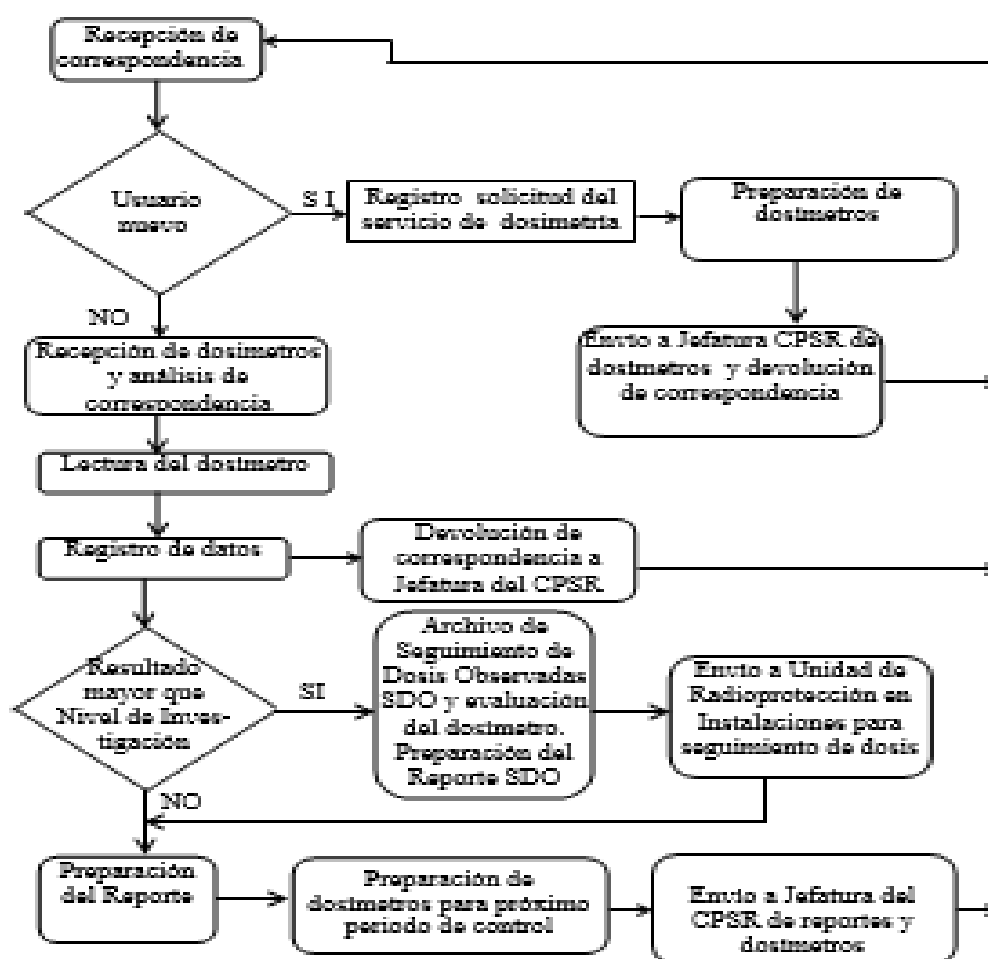
Básicamente el ingreso de un equipo detector de radiación se representa en el siguiente Flujograma en forma general.



**Figura 3.4 Flujo grama de Calibraciones.**

El equipo es recepcionado en Recepción e Informaciones del **IBTEN** (Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear) de ahí pasa a la secretaria de la Unidad Dosimetría y Radiaciones Ionizantes la cual llena un formulario de recepción del equipo el cual contiene nombre de la empresa solicitante de calibración, fecha de ingreso, número de equipos a calibrar; una vez culminada esa etapa se prosigue a llevar el o los equipos identificados al Laboratorio de Calibraciones.

También se brinda el servicio de Dosimetría Personal a todas las empresas de Bolivia que solicitan este servicio y aquí básicamente la representación mediante el siguiente flujo grama.



**Figura 3.5** Flujograma de Dosimetría Personal.

### 3.2 Calibración, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo de monitores de radiación

El objetivo de este punto es dar conocer la calibración, el mantenimiento y reparación si era el caso a diferentes tipos de monitores de diferentes marcas y modelos en el laboratorio de calibraciones.

### 3.3 Calibración de alarma sónica ND-15



**Figura 3.6 Flujograma de calibración de alarma sónica ND-15**

Para calibrar, meter la alarma al campo de radiación para los dos rangos a una distancia de 1 metro y contar los bipeos para HIGH y LOW.



**Figura 3.7 Alarma sónica ND-15.**

Magnitud de verificación: EXPOSICIÓN.

Energía de Calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.

Condiciones de laboratorio: estos son parámetros que se toman en el laboratorio en el momento de calibración como ser la presión, la temperatura y la humedad.

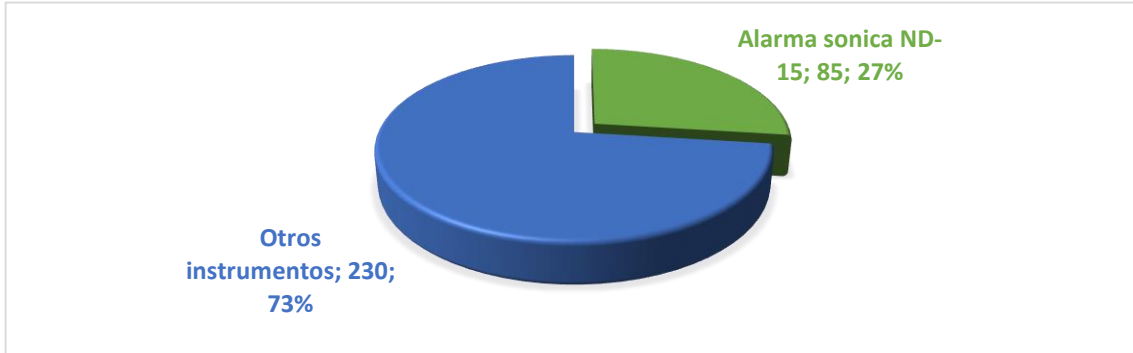
<b>RANGO</b>	<b>VALOR MEDIDO (bips/min)</b>	<b>VALOR REFERENCIA (bips/min)</b>
LOW	70	60 (1mR/h)
HIGH	50	60 (30mR/h)

**Tabla 3.1 Resultado de calibración de alarma sónica.**

Como se ve en la tabla 3.1 son valores cercanos al valor de referencia que da el manual para su calibración, ya que estos son instrumentos europeos o americanos tienen variación por la altura, es por eso que se le da una margen mayor al porcentaje de desviación en este caso es de 16.6 % aproximadamente.

**Datos estadísticos de calibraciones de la alarma sónica.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas en la gestión 2015, que tiene un total de 315 calibraciones de las cuales 85 fueron de calibraciones de alarmas sónicas.



**Tabla 3.2 Datos estadísticos de calibración a Alarma sónica ND-15.**

### 3.3.1 Mantenimiento preventivo



**Figura 3.8 Flujograma de mantenimiento preventivo**



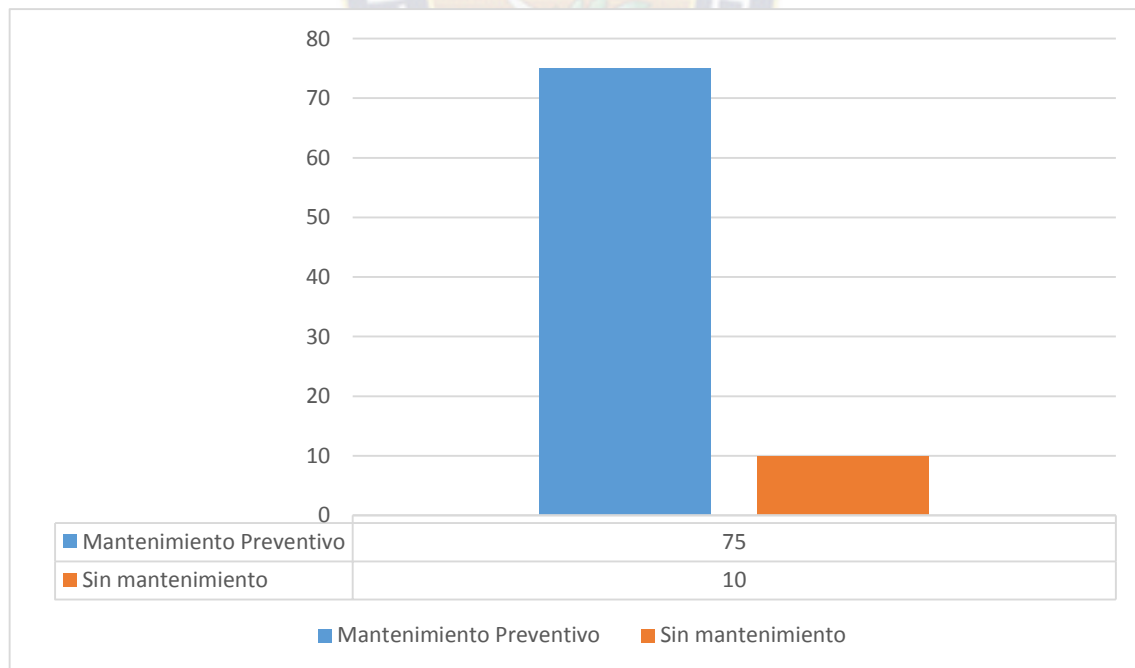
Cuando el instrumento está encendido, se escucha un sonido continuo de bipeo que indica que está funcionando, si no existe sonido se cambia la batería de 9V destornillando la tapa de metal.

Se limpió el instrumento de la suciedad y polvo con ayuda de la pistola de aire tanto externa como internamente.

En el mantenimiento también se tuvo en cuenta varios aspectos técnicos según el tipo de monitor o instrumento a calibrar como ser, la verificación de la batería, alimentación eléctrica, modelo y serie además si fuese el caso su mantenimiento correctivo.

### **Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de alarma sónica ND-15.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a alarmas sónicas en la gestión 2015, que tiene un total de 85 calibraciones de las cuales a 75 se realizó el mantenimiento preventivo.



**Tabla 3.3 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo a Alarma sónica ND-15.**



L C



### CERTIFICADO DE CALIBRACION

2274 234

**INSTRUMENTO:** ALARMA PERSONAL **TIPO:** SONICA  
**FABRICANTE:** NDS PRODUCTS **MODELO:** ND-15  
**PROPIETARIO:** PQS S.R.L. **SERIE:** 27904  
**VERIFICACION:** 21 de octubre de 2015 **HASTA:** 21 de octubre de 2016  
**DIRECCION:** Bolívar esp. Fermín Solares No 2000, Oruro. Tel. 5270079 - 5281560

**Aspecto técnico considerado:**

<input type="checkbox"/> INSPECCION DE DAÑOS	<input checked="" type="checkbox"/> VERIFICACION DE BATERIA
<input checked="" type="checkbox"/> REPARACIONES	<input type="checkbox"/> LIMPIEZA DE CONTACTOS
<input checked="" type="checkbox"/> ALIMENTACION ELECTROICA	<input checked="" type="checkbox"/> MODELO Y SERIE
<input type="checkbox"/> SATURACION	<input type="checkbox"/> GEOTROPISMO

**REFERENCIA:**

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES (LMRI) DEL IBTEN HA REALIZADO LA DOSIMETRIA AL IRRADIADOR AMERSHAM 773 CON CALIDAD DE RADIACION DE CS-137 MEDIANTE PATRONES DE REFERENCIA, CAMARA DE IONIZACION RM 2573 103 Y ELECTRÓMETRO 2570 601. ESTE IRRADIADOR TIENE TAMBIÉN AUDITORÍA DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA).

EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DEL IBTEN CERTIFICA QUE ESTE INSTRUMENTO HA SIDO CALIBRADO SIGUIENDO PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS POR EL OIEA.

**RESULTADOS:**

Magnitud de verificación: EXPOSICIÓN  
Energía de Calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.  
Condiciones de laboratorio: P= 674.0 mbar T=15.9 °C H=48 M

RANGO	VALOR MEDIDO (bips/min)	VALOR REFERENCIA (bips/min)
LOW	80	60 (1mR/h)
HIGH	48	60 (30mR/h)

**CONCLUSION:** El monitor de alarma se encuentra en buen estado de funcionamiento.

**NOTA:** El instrumento fue reparado, se reemplazó un integrado y se reparó el parlante.

**RECOMENDACION:** El instrumento debe tener mantenimiento y limpieza adecuada, y permanecer en ambiente seco.

21 de octubre de 2015

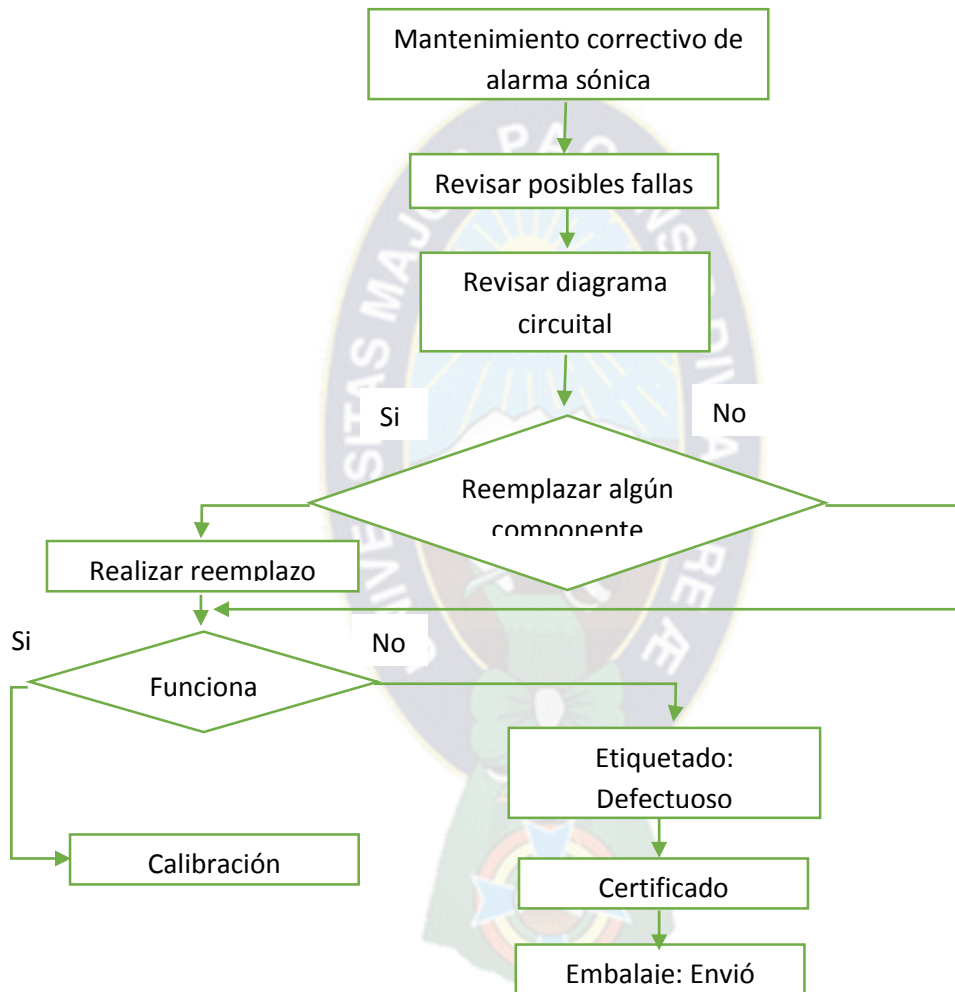
Ing. L. Ronald Sotoja Amador  
Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes  
UDRI - CPSE - IBTEN

[dosimetria@ibten.gob.bo](mailto:dosimetria@ibten.gob.bo)

Figura 3.9 Certificado de Calibración de Alarma Sónica.

Y este es el certificado que se extiende que tiene duración de 1 año calendario de su calibración, con todas sus especificaciones de calibración del instrumento como se ve en la Figura 3.9.

### 3.3.2 Mantenimiento correctivo



**Figura 3.10 Flujograma de mantenimiento correctivo**

Esta alarma sónica cuando presenta una falla lo primero que realizamos es ver el diagrama del circuito como lo muestra en la Figura 3.11 para ver que componentes lleva.

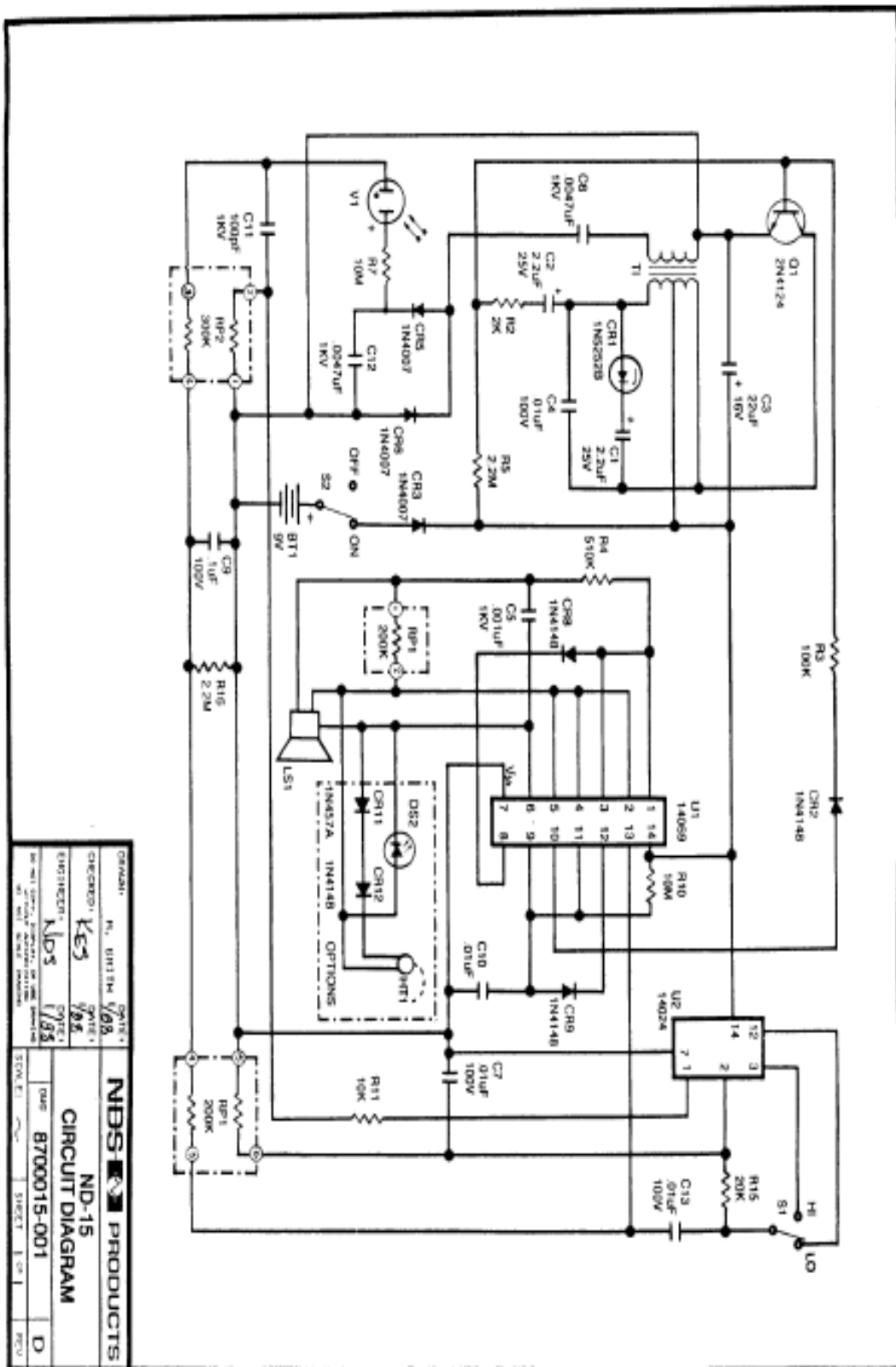


Figura 3.11 Diagrama del circuito de la alarma sónica.

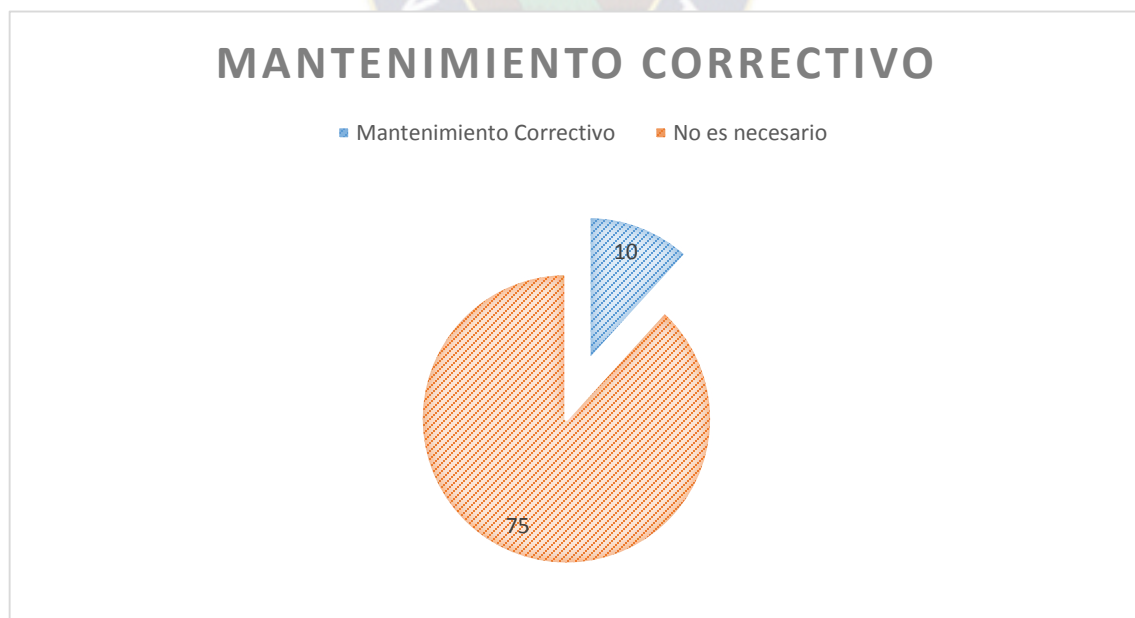
Según el datasheet se comprobó que el integrado 4069 pertenece a la familia CMOS de función inversor, se verificó con ayuda de una punta lógica y una fuente DC, para lograr ver que en una de sus salidas no lograba invertir a razón de eso no lograba mandar la señal para que suene el parlante de la alarma, por esta razón se hizo el reemplazo del componente en mal estado.

Otro problema que se vio en otra alarma fue el parlante de tipo vibraciones no lograba emitir los bips cuando detectaba radiación gamma es así que se tuvo que desoldar y acomodar de nuevo la parte de sus contactos para luego volverlo a soldar.

También se vio el problema con un switch que no lograba cambiar de estado, se procedió al cambio de switch por uno nuevo de iguales características.

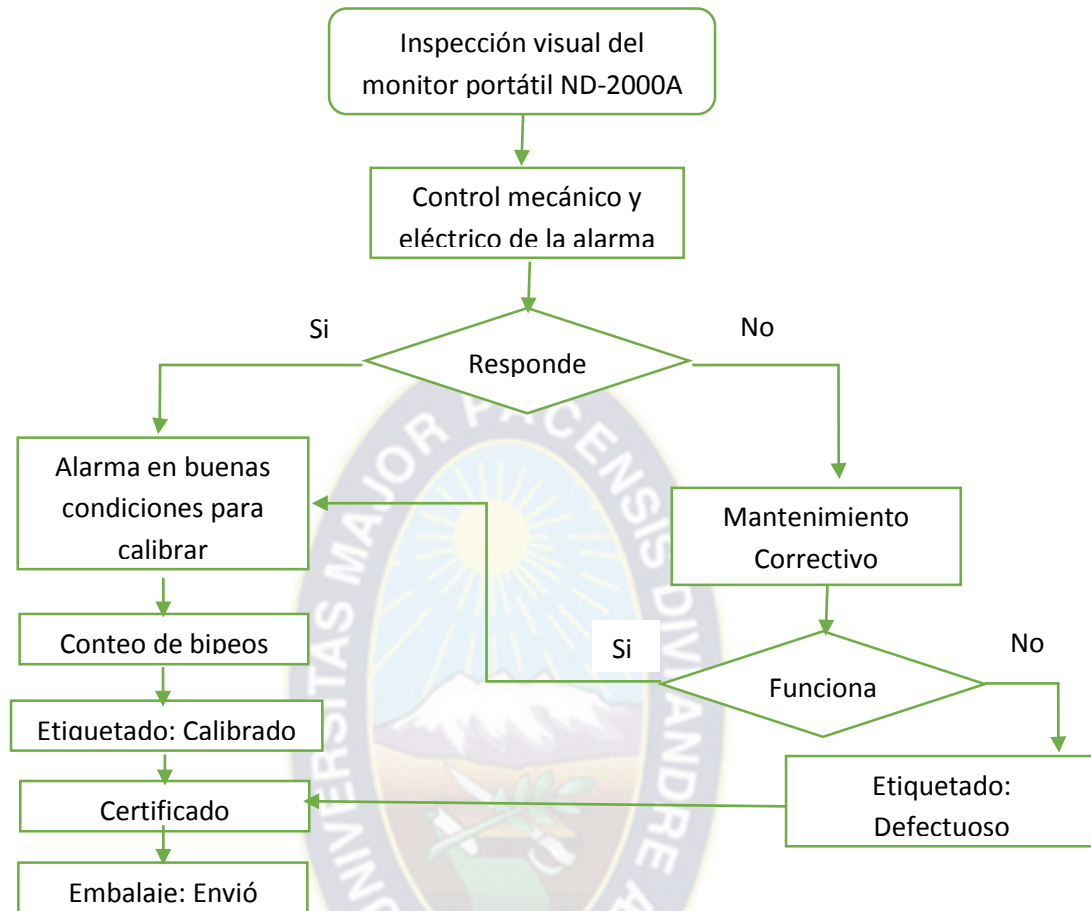
#### **Datos estadísticos de mantenimiento correctivo de alarma sónica ND-15.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a alarmas sónicas en la gestión 2015, que tiene un total de 85 calibraciones de las cuales a 10 se realizó el mantenimiento correctivo.



**Tabla 3.4 Datos estadísticos de mantenimiento correctivo a Alarma sónica ND-15.**

### 3.4 Calibración de monitor portátil ND-2000A



**Figura 3.12** Flujograma de calibración de monitor portátil ND-2000A.

En el procedimiento de calibración primero se observó el movimiento del cero en la aguja y se revisó el geotropismo.



**Figura 3.13** Monitor portátil ND-2000A.

Se colocó baterías nuevas y se observó en la pantalla la escala que comprueba que la batería esta optima; esta escala tiene un rango de 1 a 10 pero cuando nos indica que la batería esta óptima es en el rango de 6.8 a 8.2.

Hay 3 potenciómetros de calibración localizados en la placa del circuito, de izquierda a derecha x100, x10 y x1; para calibrar se introdujo el instrumento al campo de radiación para los tres rangos y cuando fue necesario, se ajustó el potenciómetro correspondiente a cada escala. Después del ajuste se comprobó la calibración en sus tres rangos nuevamente.

Las lecturas del instrumento estarán dentro del rango de +/- 20% de los valores dados de la radiación en estos dos puntos de cada rango teóricamente.

La fuente de calibración constituyo en el patrón exclusivo de radiación, cuando la calibración se realizó la distancia de 1 metro, con ayuda de la cámara que está conectada a la televisión se pudo observar los valores experimentales que se tomaron para sacar un promedio.

Magnitud de referencia: Dosis Equivalente Ambiental

Energía de calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.

Condiciones de laboratorio: estos son parámetros que se toman en el laboratorio en el momento de calibración como ser la presión, la temperatura y la humedad.

ESCALA	Valores de referencia (μSv/h)	Lecturas promedio antes de ajuste (μSv/h )	Lecturas promedio después de ajuste (μSv/h )	Factor de calibración	Desviación (%)
x 1	35.37	45.6	38.8	<b>1.0</b>	9.7
x10	353.70	476	380	<b>1.0</b>	7.4
x100	1414.80	Saturación	1500	<b>1.0</b>	6.0

**Tabla 3.5 Resultado de calibración de monitor portátil ND-2000A.**

## Datos estadísticos de calibraciones del monitor portátil ND-2000A.

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas en la gestión 2015, que tiene un total de 315 calibraciones de las cuales 36 fueron de calibraciones del monitor portátil ND-2000A.

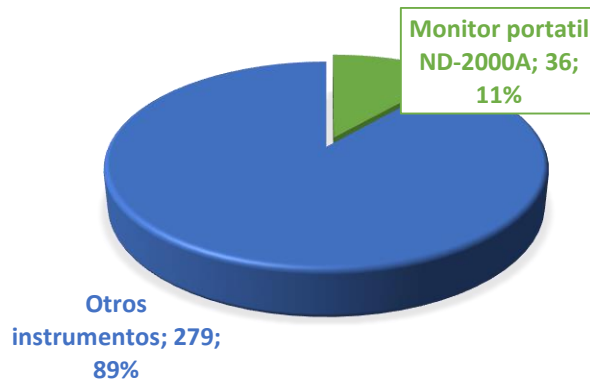


Tabla 3.6 Datos estadísticos de calibración a Monitor portátil ND-2000A.

### 3.4.1 Mantenimiento preventivo

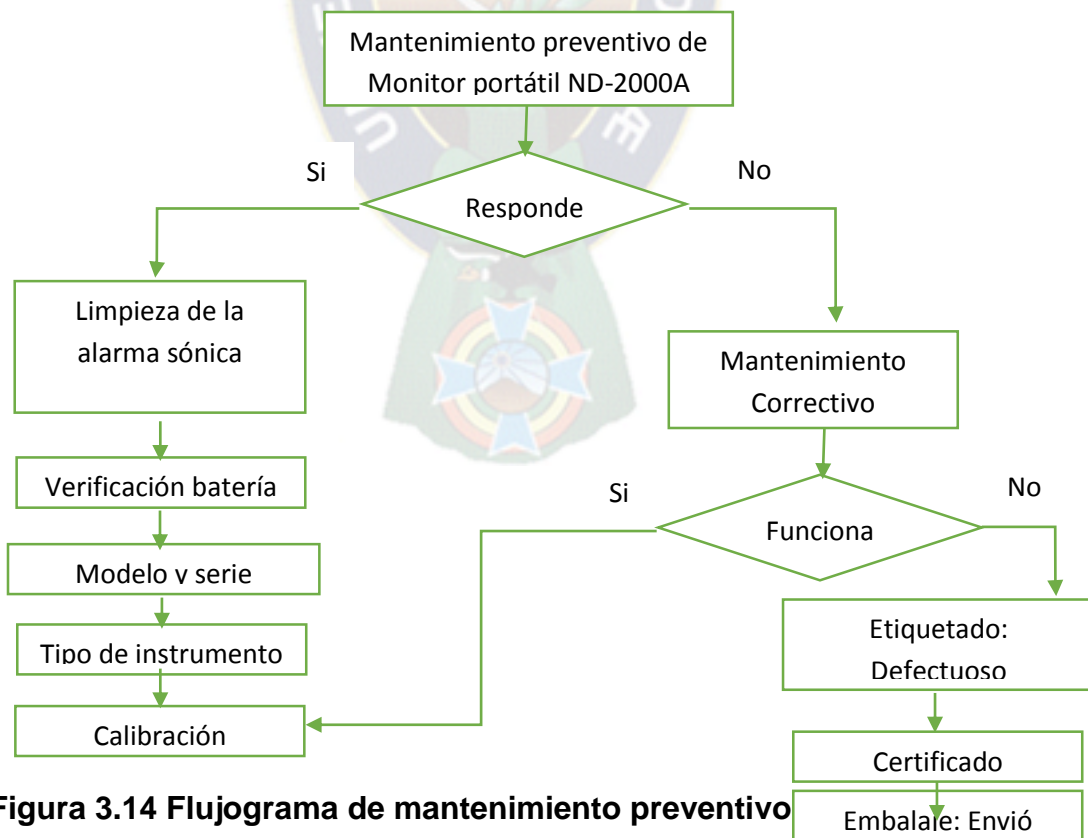


Figura 3.14 Flujograma de mantenimiento preventivo

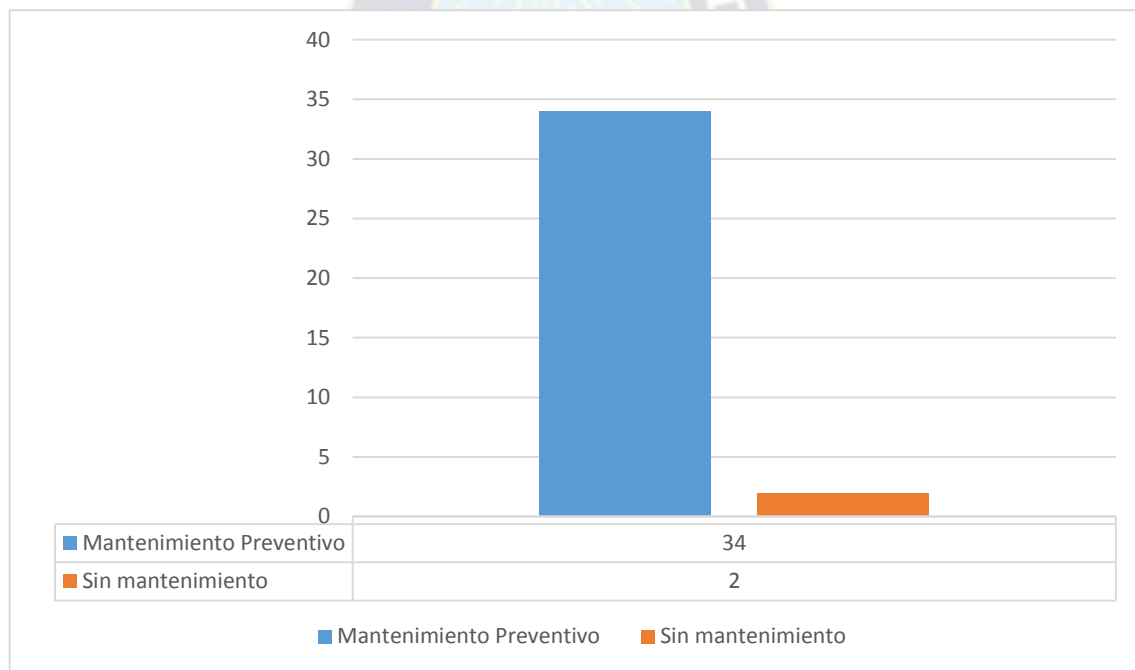


Revisar que el equipo se encuentre apagado, cuando se quiera abrir el monitor para su limpieza de polvo y suciedad; conservar limpias las terminales del panel de circuito, del interruptor, de la batería, empaques que emiten aceite y humedad.

Al colocar las baterías, no tocar los componentes o el sistema de circuitos. No ajustar los potenciómetros porque estos potenciómetros ajustan la calibración, la corriente y los niveles de voltaje.

### **Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil ND-2000A.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a los monitores portátiles ND-2000A en la gestión 2015, que tiene un total de 36 calibraciones de las cuales a 34 se realizó el mantenimiento preventivo.



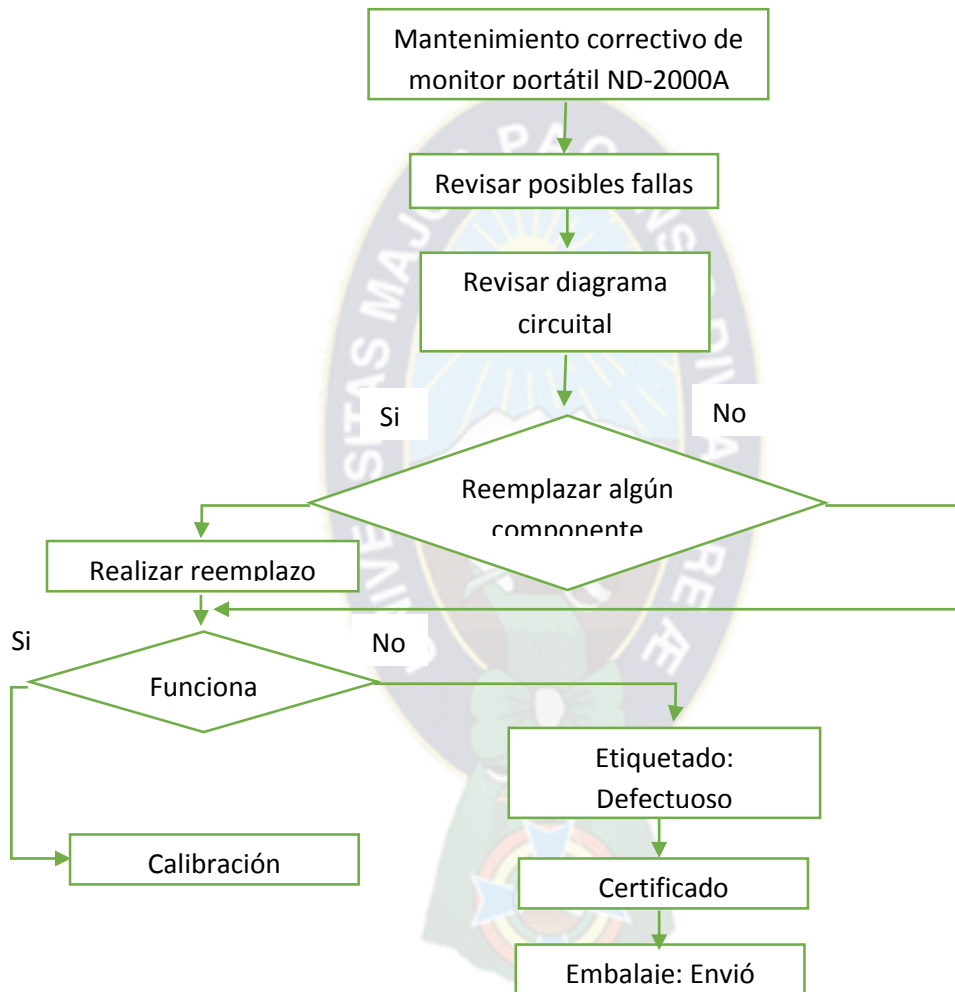
**Tabla 3.7 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil ND-2000A.**

CERTIFICADO DE CALIBRACION		2274 236			
<b>INSTRUMENTO:</b>	MONITOR PORTATIL	<b>TIPO:</b>	GM		
<b>FABRICANTE:</b>	NDS PRODUCTS	<b>MODELO:</b>	ND - 2000 A		
<b>PROPIETARIO:</b>	PQS S.R.L.	<b>SERIE:</b>	73000		
<b>CALIBRACION:</b>	21 de octubre de 2015	<b>HASTA:</b>	21 de octubre de 2016		
<b>DIRECCION:</b>	Bolívar esq. Peralta Soraco No 2000, Oruro. Tel. 5270079 - 5281560				
<b>Aspectos técnicos considerados:</b>					
<input type="checkbox"/>	INSPECCION DE DANOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERIFICACION DE BATERIA		
<input checked="" type="checkbox"/>	REPARACIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA DE CONTACTOS		
<input checked="" type="checkbox"/>	ALIMENTACION ELECTRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	MODELO Y SERIE		
<input checked="" type="checkbox"/>	SATURACION	<input type="checkbox"/>	GEOTROPISMO		
<b>REFERENCIA:</b>					
EL LABORATORIO DE METROLOGIA DE RADIACIONES IONIZANTES (LMRI) DEL IBTEN HA REALIZADO LA DOSIMETRIA AL IRRADIADOR AMERSHAM 773 CON CALIDAD DE RADIACION DE CS-137 MEDIANTE PATRONES DE REFERENCIA, CAMARA DE IONIZACION EMI 2575 132 Y ELECTROMETRO 2570 601. ESTE IRRADIADOR TIENE TAMBIEN AUDITORIA DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (OIEA).					
EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DEL IBTEN CERTIFICA QUE ESTE INSTRUMENTO HA SIDO CALIBRADO SIGUIENDO PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS POR EL OIEA.					
<b>RESULTADOS:</b>					
Magnitud de referencia:		Dosis Equivalente Ambiental			
Energía de calibración:		0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.			
Condiciones de laboratorio:		P: 675.0 mbar	T: 15.9 °C H: 48 %		
<b>ESCALA</b>	<b>Valores de referencia (µSv/h)</b>	<b>Lecturas promedio antes de ajuste (µSv/h)</b>	<b>Lecturas promedio después de ajuste (µSv/h)</b>	<b>Factor de calibración n</b>	<b>Desviación (%)</b>
x1	35.37	45.6	38.3	1.0	9.7
x10	353.70	476	380	1.0	7.4
x100	1414.80	Saturación	1500	1.0	6.0
<b>CONCLUSION:</b> El monitor de radiación se encuentra en buen estado de funcionamiento.					
<b>NOTA:</b> El instrumento fue reparado, se reparo parlante.					
<b>RECOMENDACION:</b> Debe tener mantenimiento y limpieza adecuada. Se debe hacer el test de batería <u>antes</u> de su uso y evitar el derrame interno. Debe permanecer en ambiente seco.					
21 de octubre de 2015					
<hr/> <b>Ing. L. Ronald Berdeja Amatller</b> Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes UDRI - CPSR - IBTEN  <a href="mailto:dosimetria@ibten.gob.bo">dosimetria@ibten.gob.bo</a>					

Figura 3.15 Certificado de calibración de monitor portátil ND-2000A.

Y este es el certificado que se extiende que tiene duración de 1 año calendario de su calibración, con todas sus especificaciones de calibración del instrumento como se ve en la Figura 3.15.

### 3.4.2 Mantenimiento correctivo



**Figura 3.16 Flujograma de mantenimiento correctivo**

Este monitor cuando presenta una falla lo primero que realizamos es ver el diagrama del circuito como lo muestra en la Figura 3.17 para ver que componentes lleva.

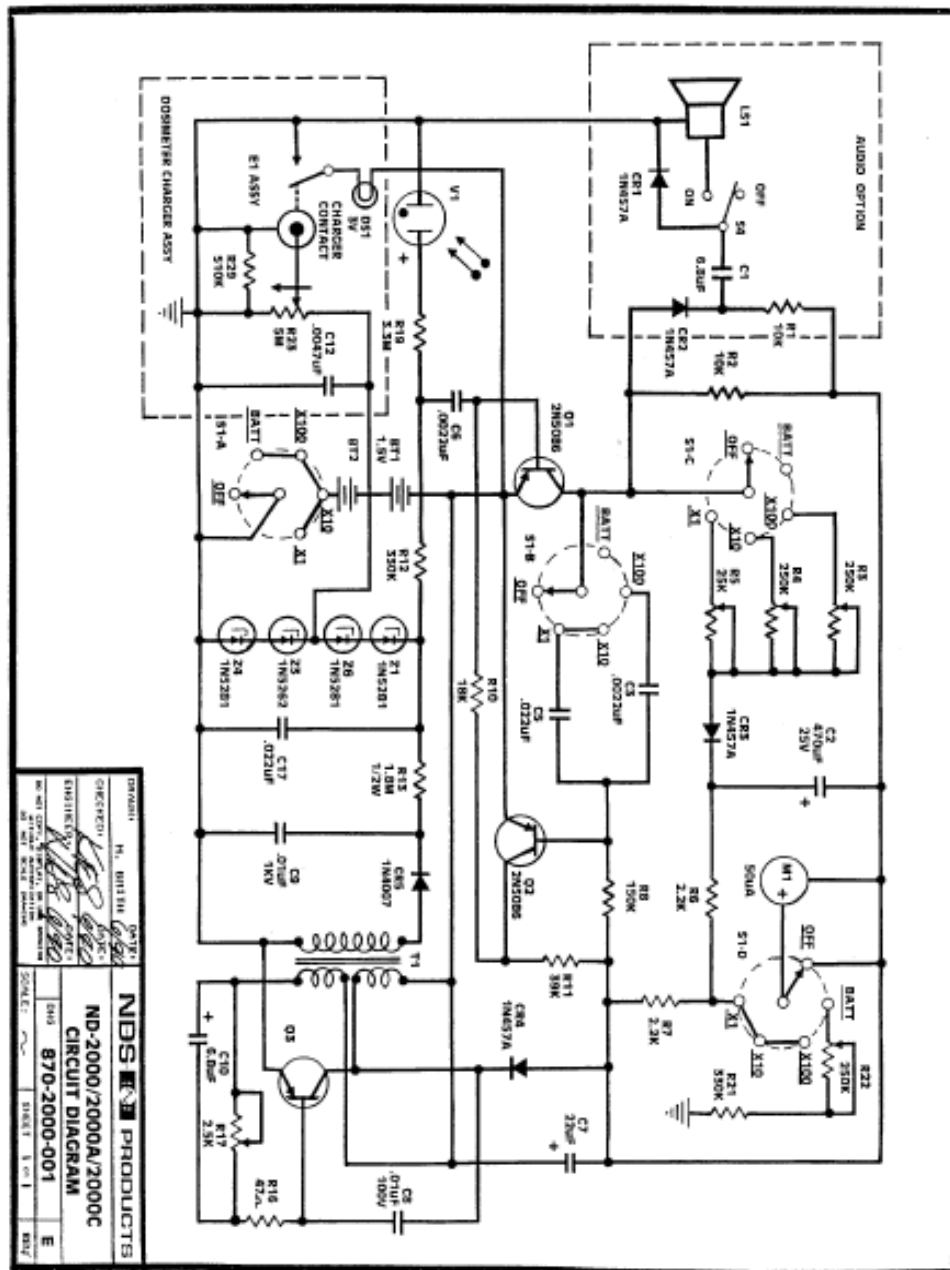


Figura 3.17 Diagrama del circuito del monitor personal.

Es así que según el análisis se comprobó que los diodos estaban quemados, se lo verifiqué con el tester digital y se logró ver que no marcaba el valor que habitualmente marca cuando un diodo está en buen estado, y se hizo el reemplazo del componente en mal estado desoldándolo y volviéndolo a soldar y así funcionó correctamente.

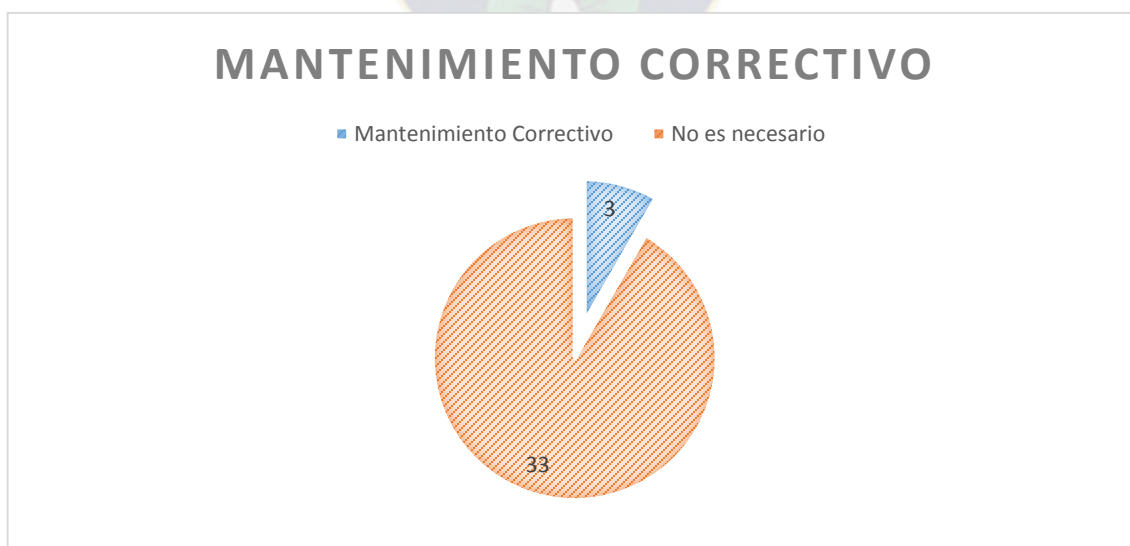
Otro problema que se vio en otra alarma también fue la soldadura fría en la placa que con ayuda de la pistola de aire caliente como se ve en la Figura 3.18 con que se cuenta en el laboratorio se logró volverlo a soldar.



**Figura 3.18 Pistola de aire caliente.**

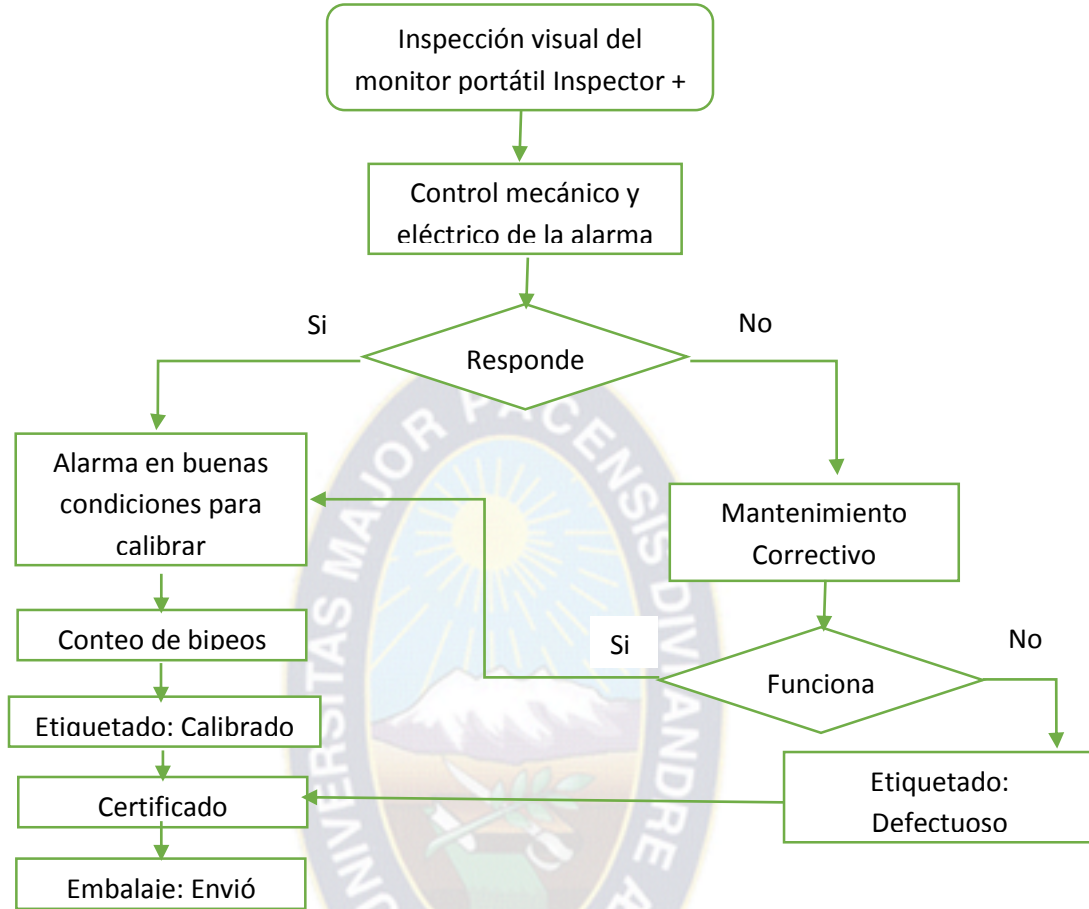
#### **Datos estadísticos de mantenimiento correctivo de alarma sónica ND-2000A.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a los monitores portátiles ND-2000A en la gestión 2015, que tiene un total de 36 calibraciones de las cuales a 3 se realizó el mantenimiento correctivo.



**Tabla 3.8 Datos estadísticos de mantenimiento correctivo a Monitor portátil ND-2000A.**

### 3.5 Calibración de monitor portátil Inspector +



**Figura 3.19** Flujograma de calibración de monitor portátil Inspector +.

El monitor portátil “Inspector+” debe calibrarse una vez al año. La mejor manera de calibrarlo es utilizando la fuente certificada de calibración.

La fuente estándar de calibración es el Cesio 137. Siendo una fuente certificada de calibración.

**PRECAUCIÓN:** pueden producirse errores cuando se usa una fuente o fondo de bajo nivel de energía para seleccionar el factor CAL. En la modalidad Calibración, el incremento más pequeño que puede obtenerse es 0,010, que evita el ajuste fino del factor CAL.



**Figura 3.20 Monitor portátil Inspector +.**

Calibración Usando la fuente:

Se colocó la sonda del monitor portátil “Inspector+” a una distancia de la fuente correspondiente a un campo de 50 mR/h, con la ventanilla del detector orientada hacia la fuente, se coloca la llave selectora de modalidad del monitor “Inspector+” en mR/h. Se enciende el monitor “Inspector+” y se abre la fuente registrando 20 lecturas consecutivas para después cerrar la fuente.

Se calcula el promedio de las lecturas y se las registra, después se apaga el audio para oír cuando suene el temporizador de cuenta regresiva.

Se apagó el monitor portátil “Inspector+”. Manteniendo oprimido el botón “-” del panel delantero para resetearlo, después se lo encendió y las letras CAL aparecerán en la pantalla y el monitor “Inspector+” realizará la cuenta regresiva por 15 segundos, chirriando a cada segundo. Esta demora nos da la oportunidad de salir del campo de radiación y luego dejar la fuente al descubierto. Al final de los 15 segundos, el Inspector+ emite pitidos que indican actividad radioactiva.

El monitor “Inspector+” ahora recopila datos por 30 segundos, chirriando cada 2 segundos, con las letras CAL y el símbolo del reloj de arena destellando. Al final de los 30 segundos, emite pitidos. Aparecen las letras CAL y SET destellando y se cierra la fuente.

Se oprime los botones “+” - “-” en el Inspector+ para cambiar la lectura a lo que debería corresponder y cuando la lectura sea la correcta, se oprime el botón “SET”. El nuevo factor de calibración se visualiza por varios segundos y luego el monitor

“Inspector+” emite pitidos y reanuda el funcionamiento normal y se registra el nuevo factor de calibración.

Se coloca la sonda del monitor “Inspector+” a una distancia de la fuente correspondiente a un campo de 5 mR/h, con la ventanilla del detector orientada hacia la fuente, se calcula el promedio de las lecturas y se registra.

Se calcula el promedio del factor de calibración para 50 mR/h y el factor de calibración para 5 mR/h y se apaga el monitor “Inspector+”.

Se fija el factor de calibración en 100 (por ciento) en la fábrica. Si cambia la lectura, por ejemplo, a un 20% mayor que la lectura de fábrica, el nuevo factor de calibración sería 120. El factor de calibración actual se ve durante el chequeo del sistema cuando se enciende el Inspector+.

La fuente de calibración constituyo el patrón exclusivo de radiación, cuando la calibración se realizó a la distancia de 1 metro y con ayuda de la cámara que está conectada a la televisión se pudo observar los valores experimentales que se tomaron para sacar un promedio.

Magnitud de verificación: Dosis Equivalente Ambiental.

Energía de Calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.

Condiciones de laboratorio: estos son parámetros que se toman en el laboratorio en el momento de calibración como ser la presión, la temperatura y la humedad.

Escala	Valores de referencia (uSv/hr)	Lecturas promedio antes del ajuste (uSv/hr) <b>CAL:176</b>	Lecturas promedio después del ajuste (uSv/hr)	Factor de calibración	Desviación (%)
Automática	3.53	7.3	No se ajusta	0.5	3.8
	35.37	68.7		0.5	-2.9
	353.70	723.3		0.5	2.2

**Tabla 3.9 Resultado de calibración de monitor portátil Inspector+.**



### Datos estadísticos de calibraciones del monitor portátil Inspector +.

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas en la gestión 2015, que tiene un total de 315 calibraciones de las cuales 3 fueron de calibraciones del monitor portátil Inspector +.

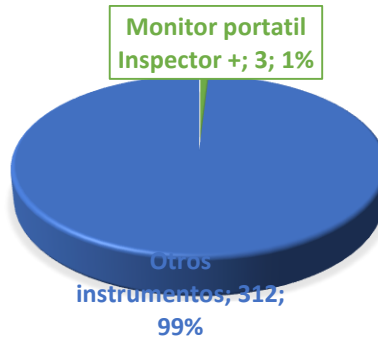


Tabla 3.10 Datos estadísticos de calibración a Monitor portátil Inspector +.

#### 3.5.1 Mantenimiento preventivo

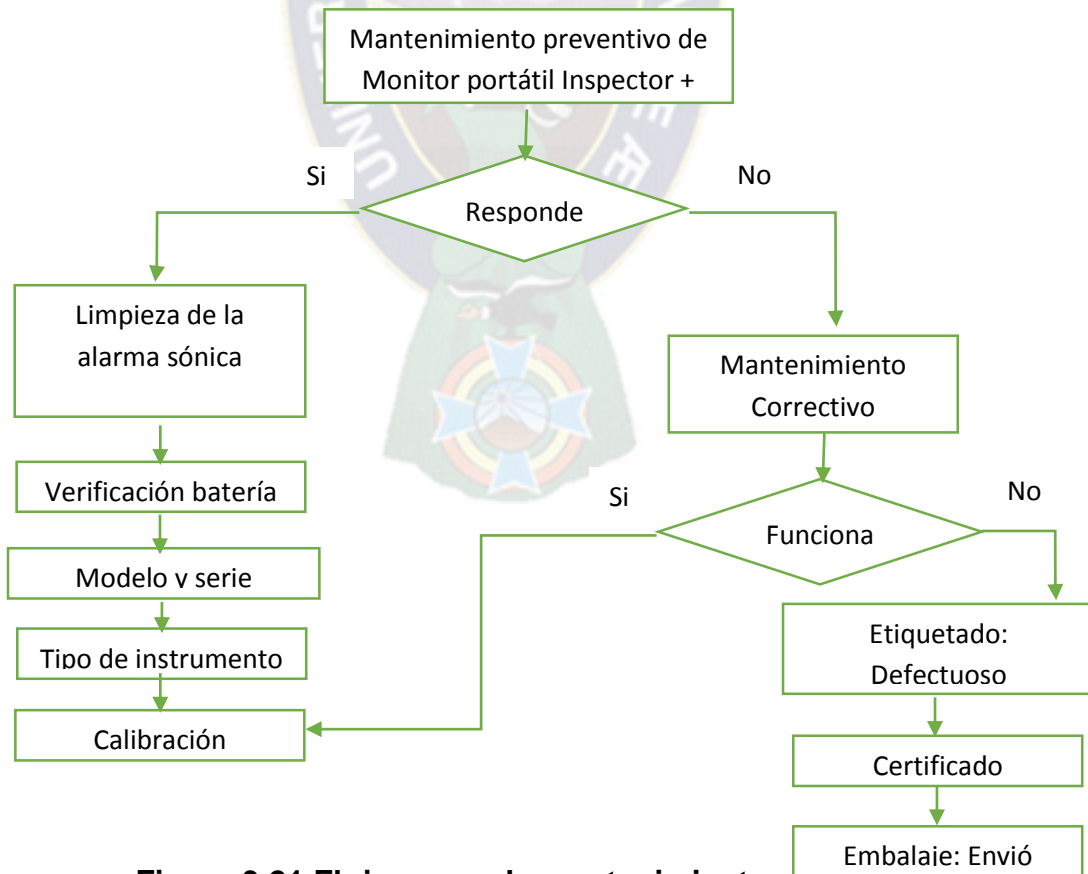


Figura 3.21 Flujo de mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento también se tuvo en cuenta varios aspectos técnicos según el tipo de monitor o instrumento a calibrar como ser, la verificación de la batería, alimentación eléctrica, modelo y serie además si fuese el caso su mantenimiento correctivo.



**CALIBRACION DE MONITORES DE RADIACION**  
**INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR.**  
**Laboratorio de Calibraciones**  
 Av. 6 de Agosto No 2905 Telfa. : 2 433481- 2 430309 - 2 433877  
 Fax: 2433063...email: dir.ejecutiva@ibten.gob.bo La Paz - Bolivia

L C

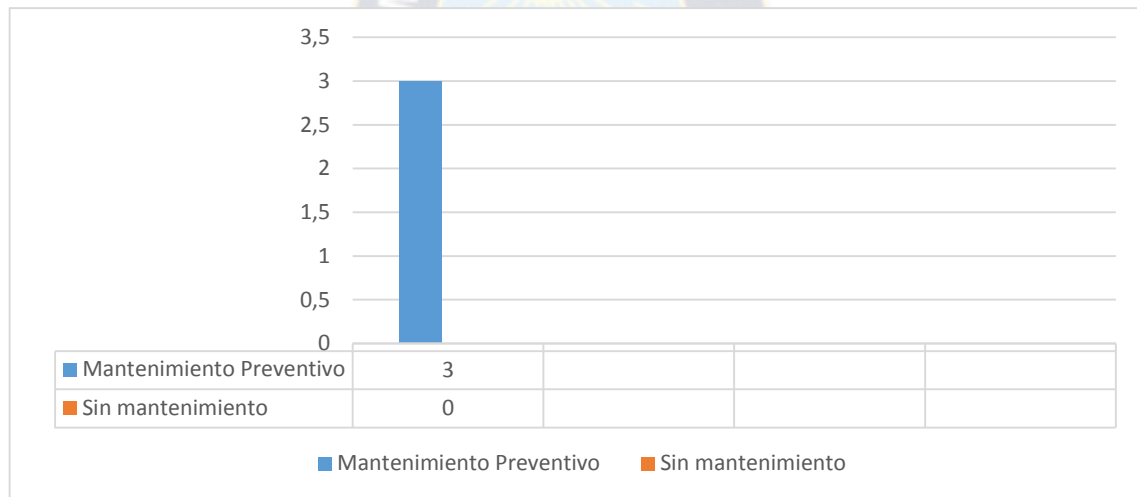
CERTIFICADO DE CALIBRACION		1422	148		
<b>INSTRUMENTO:</b>	MONITOR PORTATIL	<b>TIPO:</b>	GM - VENTANA		
<b>FABRICANTE:</b>	S.E. INTERNATIONAL	<b>MODELO:</b>	INSPECTOR		
<b>PROPIETARIO:</b>	I S T	<b>SERIE:</b>	35748		
<b>CALIBRACION:</b>	25 de junio de 2015	<b>HASTA:</b>	25 de junio de 2016		
<b>DIRECCION :</b>	Radial 17 ½ final (km 7 1/2). Tel.n (591) 3 3546599. Santa Cruz.				
<b>Aspectos técnicos considerados:</b>					
<input type="checkbox"/>	INSPECCION DE DANOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERIFICACION DE BATERIA		
<input type="checkbox"/>	REPARACIONES	<input type="checkbox"/>	LIMPIEZA DE CONTACTOS		
<input checked="" type="checkbox"/>	ALIMENTACION ELECTRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	MODELO Y SERIE		
<input type="checkbox"/>	SATURACION	<input type="checkbox"/>	GEOTROPISMO		
<b>REFERENCIA:</b>					
EL LABORATORIO DE METROLOGIA DE RADIACIONES IONIZANTES (LMRI) DEL IBTEN HA REALIZADO LA DOSIMETRIA AL IRRADIADOR AMERSHAM 773 CON CALIDAD DE RADIACION DE CS-137 MEDIANTE PATRONES DE REFERENCIA, CAMARA DE IONIZACION EMI 2575 132 Y ELECTROMETRO 2570 601. ESTE IRRADIADOR TIENE TAMBIEN AUDITORIA DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (OIEA).					
EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DEL IBTEN CERTIFICA QUE ESTE INSTRUMENTO HA SIDO CALIBRADO SIGUIENDO PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS POR EL OIEA.					
<b>RESULTADOS:</b>					
Magnitud de referencia:		Dosis Equivalente Ambiental			
Energía de calibración:		0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.			
Condiciones de laboratorio:		P: 670.9 mbar T: 14.7°C H: 36%			
ESCALA	Valores de referencia (µSv/h)	Lecturas promedio antes de ajuste (µSv/h) CAL: 176	Lecturas promedio después de ajuste (µSv/h)	Factor de calibración	Desviación (%)
Automática	3.53	7.3	No se ajusta	0.5	3.8
	35.37	68.7	No se ajusta	0.5	-2.9
	353.70	723.3	No se ajusta	0.5	2.2
<b>CONCLUSION:</b> El monitor de radiación se encuentra en buen estado de funcionamiento.					
<b>RECOMENDACIÓN:</b> Debe tener mantenimiento y limpieza adecuados. Se debe hacer el test de batería <u>antes</u> de su uso y evitar el derrame interno. Debe permanecer en ambiente seco.					
26 de junio de 2015					
Ing. L. Ronald Berdeja Amatller Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes UDRI - CPSR - IBTEN <a href="mailto:dosimetria@ibten.gob.bo">dosimetria@ibten.gob.bo</a>					

Figura 3.22 Certificado de calibración de monitor portátil Inspector+.

Se limpió el instrumento de la suciedad y polvo, también se lo seco con la pistola de aire caliente por que llego húmedo y se lo mantuvo apagado hasta que se secó. Y este es el certificado que se extiende que tiene duración de 1 año calendario de su calibración, con todas sus especificaciones de calibración del instrumento como se ve en la Figura 3.22.

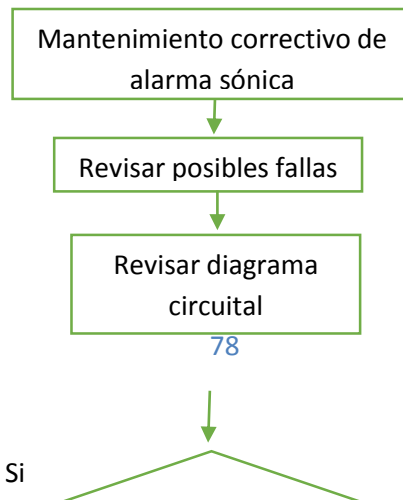
**Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil Inspector +.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a los monitores portátiles Inspector + en la gestión 2015, que tiene un total de 3 calibraciones de las cuales a los 3 se realizó el mantenimiento preventivo.



**Tabla 3.11 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil Inspector +.**

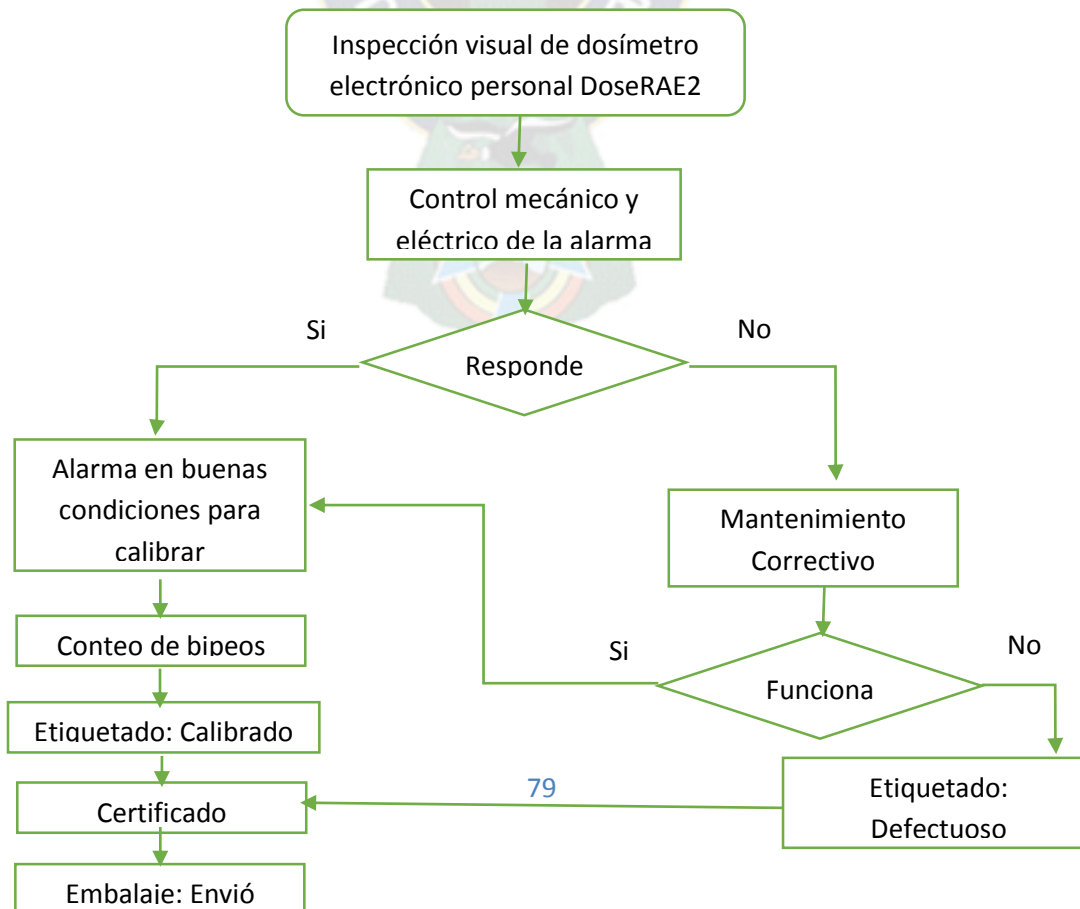
**3.5.2 Mantenimiento correctivo**



**Figura 3.23** Flujograma de mantenimiento correctivo.

El Inspector+ es un instrumento altamente confiable. Nunca se presentó algún monitor para tener su mantenimiento correctivo.

### 3.6 Calibración de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2



### **Figura 3.24 Flujograma de calibración de dosímetro DoseRAE 2.**

Para calibrar, colocar el dosímetro electrónico al campo de radiación con el fantoma detrás del dosímetro a una distancia de un metro, con ayuda de la cámara se logró ver las medidas que nos daba con la fuente en dosis y tasa de dosis para tomar datos.

La fuente estándar de calibración es el Cesio 137. Siendo una fuente certificada de calibración.

El dosímetro electrónico personal debe calibrarse una vez al año. La mejor manera de calibrarlo es utilizando la fuente certificada de calibración.



**Figura 3.25 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

Magnitud de verificación: Dosis Equivalente Personal HP (10).

Energía de Calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.

Condiciones de laboratorio: estos son parámetros que se toman en el laboratorio en el momento de calibración como ser la presión, la temperatura y la humedad.

Tasa de dosis:

REFERENCIA [uSv/h]	VALOR MEDIDO [uSv/h]	FACTOR DE CALIBRACION	Desv. %
157.3	183.2	1.0	16.5

**Tabla 3.12 Resultado de calibración de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2 (Tasa de dosis).**

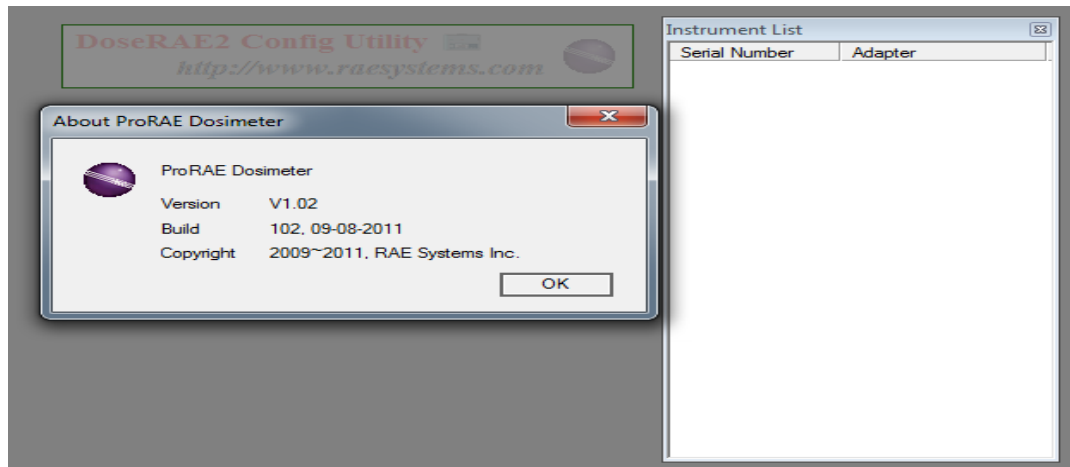
Integración:

REFERENCIA [uSv]	VALOR MEDIDO [uSv]	FACTOR DE CALIBRACION	Desv. %
2.62	3.1	1.0	18.3

**Tabla 3.13 Resultado de calibración de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2 (Integración).**

Como se ve en la Tabla 3.12 y la Tabla 3.13 los valores medidos son el promedio de 10 valores tomados para su ajuste en unidades de uSv, cercanos al valor de referencia que da la formula HP (10) para su calibración, para los dos modos tasa de dosis e integración ya que estos son instrumentos europeos o americanos tienen variación por la altura, es por eso que se le da una margen mayor al porcentaje de desviación en este caso es de 16.5 % y 18.3% respectivamente.

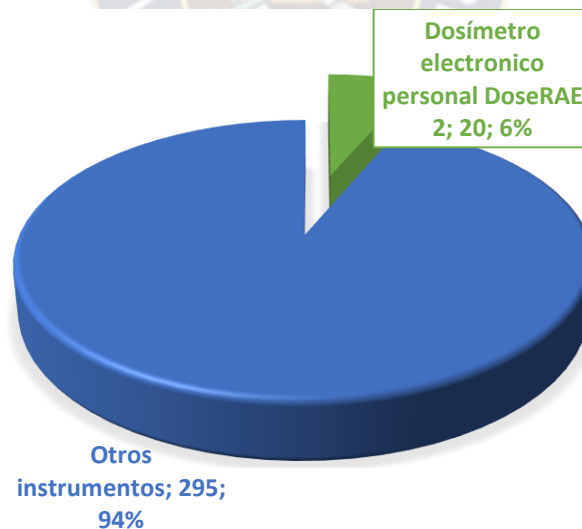
También se utiliza su software Dosimeter como se ve en la Figura 3.26 para su calibración y así ajustar las unidades que se utilizan y los porcentajes de desviación, también para poder guardar datos del dosímetro de una manera más sencilla en una base de datos que a la vez elimina todos los datos si así se lo desea.



**Figura 3.26 Software de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

**Datos estadísticos de calibraciones de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas en la gestión 2015, que tiene un total de 315 calibraciones de las cuales 20 fueron de calibraciones del monitor portátil Inspector +.



**Tabla 3.14 Datos estadísticos de calibración a dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

### 3.6.1 Mantenimiento preventivo



**Figura 3.27 Flujograma de mantenimiento preventivo.**

Lo primordial en el mantenimiento preventivo es limpiar con alcohol los contactos donde se tiene que cargar el dosímetro ya que posee una batería recargable, cuando el instrumento está encendido se escucha un sonido fuerte que indica el encendido.

En el mantenimiento también se tuvo en cuenta varios aspectos técnicos según el tipo de dosímetro a calibrar como ser, la verificación de la batería, alimentación eléctrica, modelo y serie para su control además si fuese el caso su mantenimiento correctivo y se puso el cobertor como se ve en la figura 3.28.

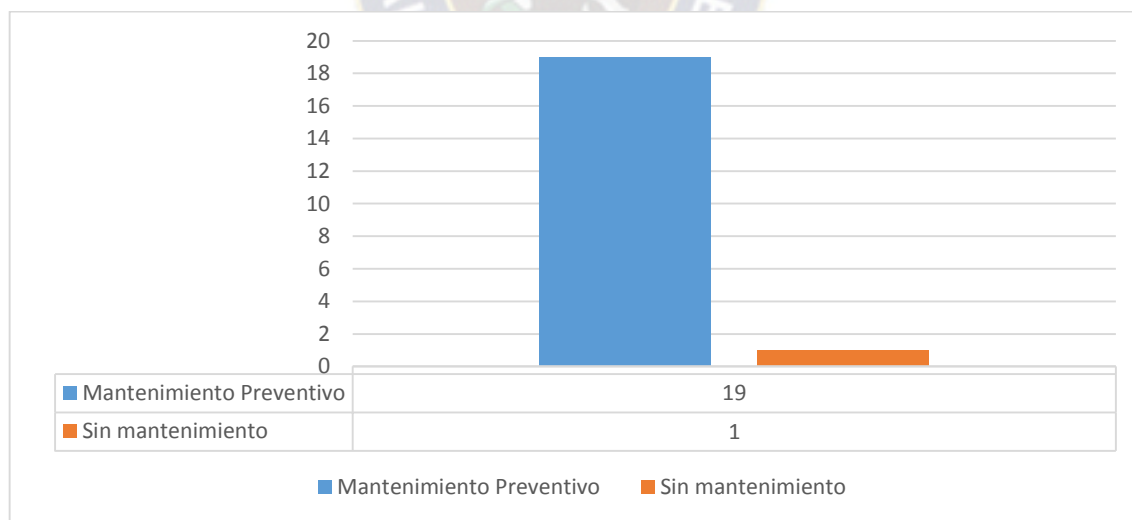




**Figura 3.28 Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2 con cobertor.**

**Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor portátil Inspector +.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a los monitores portátiles Inspector + en la gestión 2015, que tiene un total de 20 calibraciones de las cuales a 19 se realizó el mantenimiento preventivo.



**Tabla 3.15 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**



CALIBRACION DE MONITORES DE RADIACION  
INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

Laboratorio de Calibraciones

Av. 6 de Agosto No 2905 Telfs. : 2 433481- 2 430309 - 2 433877  
Fax: 2433063 email: dir.ejecutiva@ibten.gob.bo La Paz - Bolivia

L C



CERTIFICADO DE CALIBRACION		3183 313	
<b>INSTRUMENTO:</b>	Dosímetro Personal	<b>TIPO:</b>	Tarjeta
<b>FABRICANTE:</b>	RAE	<b>MODELO:</b>	Dose RAE 2 (PRM 1200)
<b>PROPIETARIO:</b>	SERVIPETROL	<b>SERIE:</b>	3520162S6
<b>FECHA :</b>	31 de diciembre de 2015	<b>HASTA:</b>	31 de diciembre de 2016
<b>DIRECCION :</b>	Av. Grigotá, km 2 1/2 ex <del>carrtera</del> a Cochabamba. Tel.: 3523293. Santa Cruz.		
<b>Aspectos técnicos considerados:</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	INSPECCION DE DANOS	<input type="checkbox"/>	CORRIENTE DE FUGA
<input checked="" type="checkbox"/>	INSPECCION DE CARGADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	CONTROL DE EMPAQUE
<input checked="" type="checkbox"/>	MODELO Y SERIE	<input checked="" type="checkbox"/>	PUESTA A CERO
<input type="checkbox"/>	GEOTROPISMO		
<b>REFERENCIA:</b>			
EL LABORATORIO DE METROLOGIA DE RADIACIONES IONIZANTES (LMRI) DEL IBTEN HA REALIZADO LA DOSIMETRIA AL IRRADIADOR AMERSHAM 773 CON CALIDAD DE RADIACION DE CS-137 MEDIANTE PATRONES DE REFERENCIA, CAMARA DE IONIZACION EMI 2575 132 Y ELECTROMETRO 2570 601. ESTE IRRADIADOR TIENE TAMBIEN AUDITORIA DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (OIEA).			
EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DEL IBTEN CERTIFICA QUE ESTE INSTRUMENTO HA SIDO CALIBRADO SIGUIENDO PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS POR EL OIEA.			
<b>RESULTADOS:</b>			
Magnitud de referencia: Dosis equivalente personal Hp(10)			
Energía de Calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.			
Condiciones de laboratorio P: 675.0 mbar T: 17.9 °C H: 52 %			
Tasa de dosis			
<b>REFERENCIA</b> [uSv/h]	<b>VALOR MEDIDO</b> [uSv/h]	<b>FACTOR DE CALIBRACION</b>	<b>Desv. %</b>
157.3	183.2	1.0	16.5
Integración			
<b>REFERENCIA</b> [uSv]	<b>VALOR MEDIDO</b> [uSv]	<b>FACTOR DE CALIBRACION</b>	<b>Desv. %</b>
2.62	3.1	1.0	18.3
<b>CONCLUSION:</b> El Dosímetro personal tipo tarjeta se encuentra en buen estado de funcionamiento.			
<b>RECOMENDACION:</b> Evitar que el Dosímetro sea expuesto a golpes e inmersión en líquidos. Debe ser guardado en ambiente seco.			
5 de enero de 2016			
Ing. L Ronald Berdeja Amatlter Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes UDRI - CPSR - IBTEN			
<a href="mailto:dosimetria@ibten.gob.bo">dosimetria@ibten.gob.bo</a>			

Figura 3.29 Certificado de calibración de dosímetro electrónico DoseRAE 2.

Y este es el certificado que se extiende que tiene duración de 1 año calendario de su calibración, con todas sus especificaciones de calibración del instrumento como se ve en la Figura 3.29.

### 3.6.2 Mantenimiento correctivo



**Figura 3.30 Flujograma de mantenimiento correctivo.**

En el caso de que existiese un instrumento en mal estado es muy difícil que se pueda reparar por que utiliza en su placa circuital tecnología SMD.

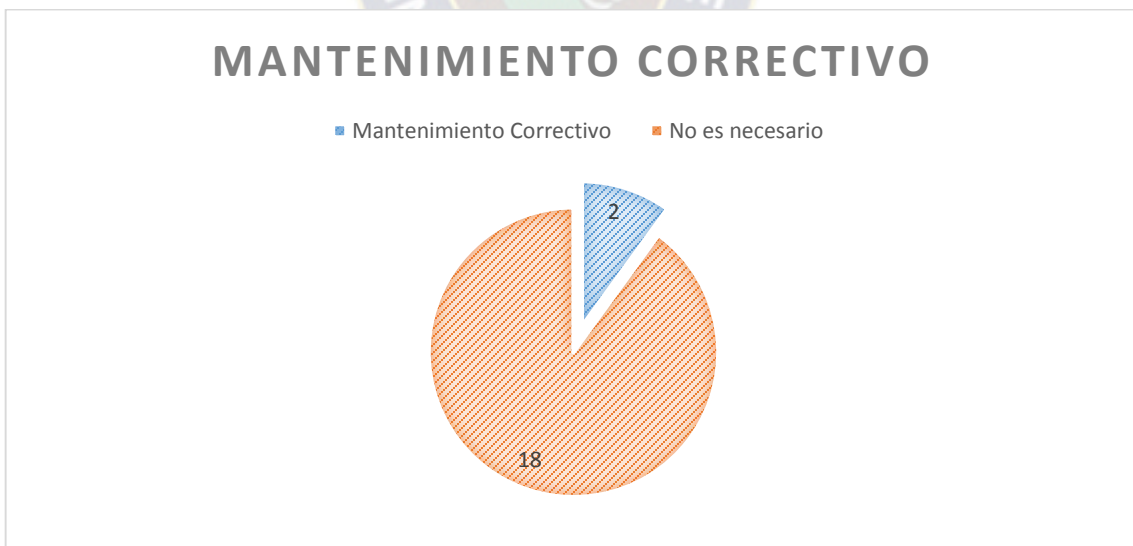
Lo más que se puedo hacer cuando el instrumento se desconfiguro y no quiso prender fue su verificación por medio del software por que por ese medio se puede ver su estado aunque este apagado y se llegó a la conclusión de que le faltaba recargar la batería, también se revisó el cargador como se observa en la Figura 3.31 que en otro instrumento igual no cargaba y se diagnosticó que el cable USB estaba en mal estado y se aconsejó su cambio.



**Figura 3.31 Cargador de dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

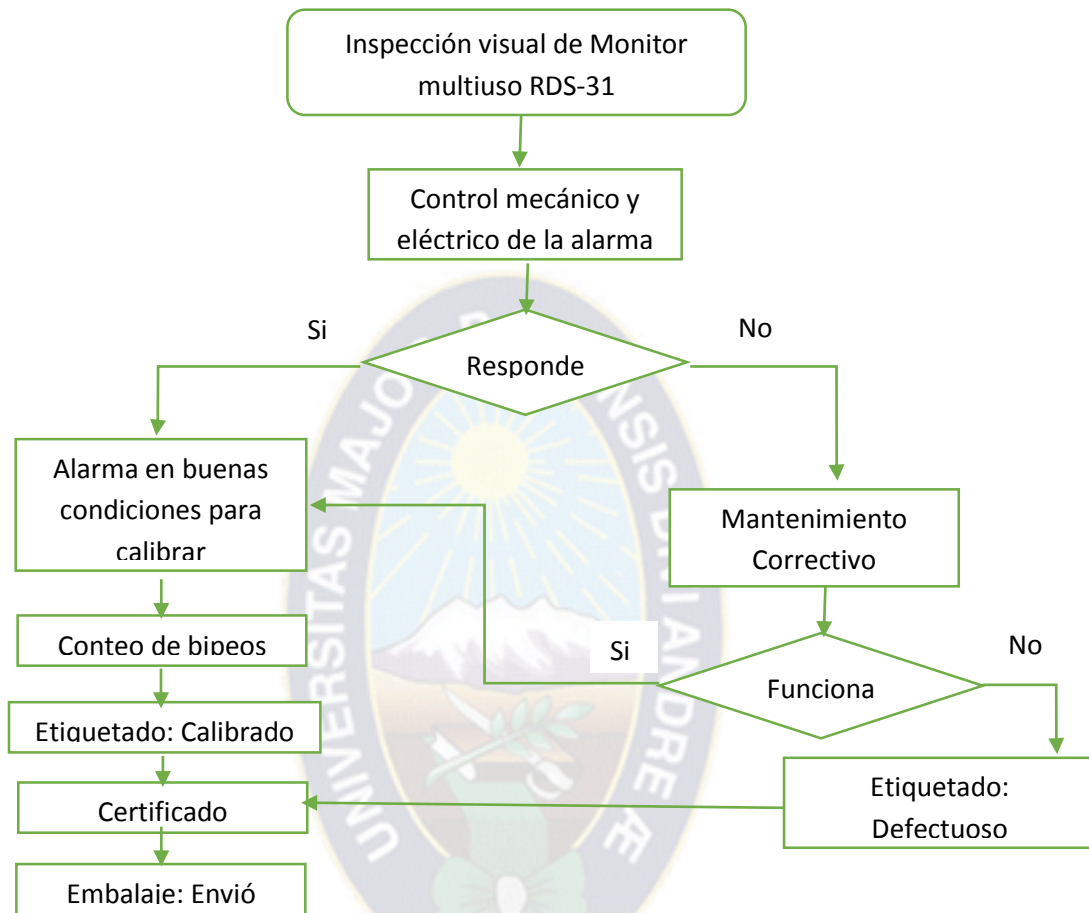
**Datos estadísticos de mantenimiento correctivo de Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a los Dosímetros electrónicos personales DoseRAE 2 en la gestión 2015, que tiene un total de 20 calibraciones de las cuales a 2 se realizó el mantenimiento correctivo.



**Tabla 3.16 Datos estadísticos de mantenimiento correctivo a Dosímetro electrónico personal DoseRAE 2.**

### 3.7 Calibración de monitor multiuso RDS-31



**Figura 3.32 Flujograma de calibración de Monitor multiuso RDS-31.**

Para calibrar, colocar el monitor multiuso RDS-31 al campo de radiación, a una distancia de un metro y con ayuda de la cámara se logra ver las medidas que nos da con la fuente en dosis y tasa de dosis para tomar datos; es muy útil la iluminación que tiene este monitor porque nos ayuda a su visualización a la hora de leer las mediciones.

La fuente estándar de calibración es el Cesio 137. Siendo una fuente certificada de calibración.

El monitor multiuso RDS-31 debe calibrarse una vez al año. La mejor manera de calibrarlo es utilizando la fuente certificada de calibración.



**Figura 3.33 Monitor multiuso RDS-31.**

Instrumento de escala automática (digital).

Magnitud de verificación: Dosis equivalente ambiental.

Energía de Calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.

Condiciones de laboratorio: estos son parámetros que se toman en el laboratorio en el momento de calibración como ser la presión, la temperatura y la humedad.

Tasa de dosis:

Valores de referencia mrem/h	Lecturas promedio sin ajuste mrem/h	Lecturas promedio después de ajuste	Factor de calibración	Desviación (%)
35.7	34.5	No se ajusta	1.1	6.3

**Tabla 3.17 Resultado de calibración de monitor multiuso RDS-31 (Tasa de dosis).**

Integración:

REFERENCIA [mrem]	VALOR MEDIDO [mrem]	FACTOR DE CALIBRACION	Desv. %
0.59	0.57	1.1	6.3

**Tabla 3.18 Resultado de calibración de monitor multiuso RDS-31 (Integración).**

Como se ve en la Tabla 3.17 y la Tabla 3.18 los valores medidos son el promedio de 5 valores tomados para su ajuste en unidades de urem, para los dos modos en escala automática en tasa de dosis e integración ya que estos son instrumentos europeos o americanos tienen variación por la altura, es por eso que se le da un margen mayor al porcentaje de desviación en este caso para este monitor de 10 %. También se utiliza podría haber utilizado el software para su calibración y para algunos ajustes en cuestión de unidades, pero no se contaba con el mismo ya que su adquisición y el conector tienen un costo extra y las empresas que mandaron a su calibración no lo adquirieron.

### Datos estadísticos de calibraciones de Monitor multiuso RDS-31.

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas en la gestión 2015, que tiene un total de 315 calibraciones de las cuales 6 fueron de calibraciones del monitor multiuso RDS-31.

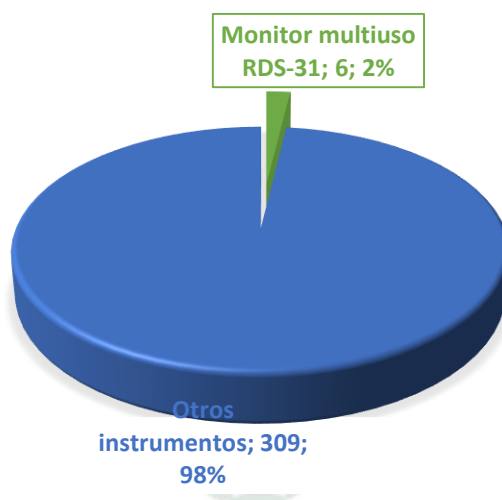


Tabla 3.19 Datos estadísticos de calibración a Monitor multiuso RDS-31.

### 3.7.1 Mantenimiento preventivo



**Figura 3.34 Flujograma de mantenimiento preventivo.**

En el mantenimiento preventivo se limpió con alcohol la pantalla ya que los mandan sucios y se verifico el voltaje de las baterías con la ayuda de un multímetro digital, cuando el instrumento está encendido se escucha un sonido fuerte y la pantalla se ilumina que indica el encendido.

En el mantenimiento también se tuvo en cuenta varios aspectos técnicos según el tipo de monitor a calibrar como ser, alimentación eléctrica, modelo y serie como se ve en la Figura 3.35 para su control además si fuese el caso su mantenimiento correctivo.





**Figura 3.35 Monitor multiuso RDS-31 vista de espalda.**

**Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor multiuso RDS-31.**

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas a los monitores multiuso RDS-31 en la gestión 2015, que tiene un total de 6 calibraciones de las cuales a las 6 se realizó el mantenimiento preventivo.



**Tabla 3.20 Datos estadísticos de mantenimiento preventivo de Monitor multiuso RDS-31.**



CALIBRACION DE MONITORES DE RADIACION  
INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

Laboratorio de Calibraciones  
Av. 6 de Agosto No 2905 Telfa. : 2 433481- 2 430309 - 2 433877  
Fax: 2433063 email: dir.ejecutiva@ibtan.gob.bo La Paz - Bolivia

L C

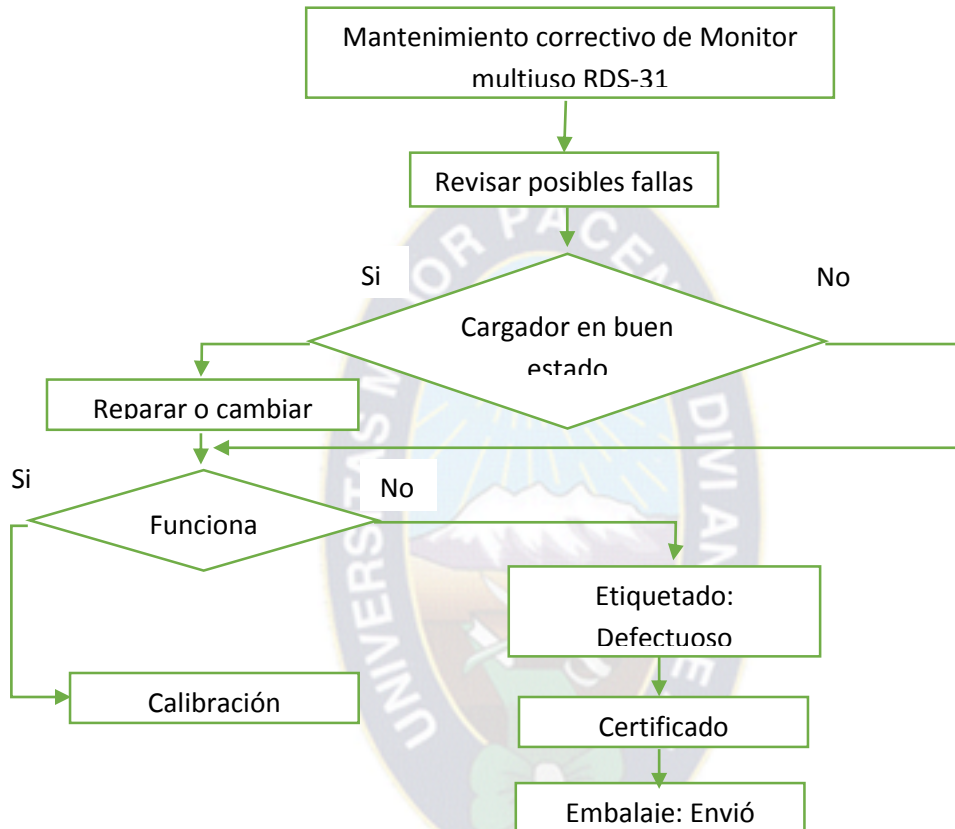


CERTIFICADO DE CALIBRACION		2108 200			
<b>INSTRUMENTO:</b>	MONITOR MULTIUSO	<b>TIPO:</b>	DIGITAL - ALARMA		
<b>FABRICANTE:</b>	MIRION	<b>MODELO:</b>	RDS - 31		
<b>PROPIETARIO:</b>	AUSTRAL	<b>SERIE:</b>	2400298		
<b>CALIBRACION:</b>	30 de septiembre de 2015	<b>HASTA:</b>	30 de septiembre de 2016		
<b>DIRECCION :</b>	Parque industrial Mza93, Sec 1 PI 49 Av. Mutualista 6to anillo. Tel. 3477024. Santa Cruz				
<b>Aspectos técnicos considerados:</b>					
<input type="checkbox"/>	INSPECCION DE DANOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERIFICACION DE BATERIA		
<input type="checkbox"/>	REPARACIONES	<input type="checkbox"/>	LIMPIEZA DE CONTACTOS		
<input checked="" type="checkbox"/>	ALIMENTACION ELECTRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	MODELO Y SERIE		
<input type="checkbox"/>	SATURACION	<input type="checkbox"/>	GEOTROPISMO		
<b>REFERENCIA:</b>					
EL LABORATORIO DE METROLOGIA DE RADIACIONES IONIZANTES (LMRI) DEL IBTEN HA REALIZADO LA DOSIMETRIA AL IRRADIADOR AMERSHAM 773 CON CALIDAD DE RADIACION DE CS-137 MEDIANTE PATRONES DE REFERENCIA, CAMARA DE IONIZACION EMI 2575 132 Y ELECTROMETRO 2570 601. ESTE IRRADIADOR TIENE TAMBIEN AUDITORIA DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (OIEA).					
EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DEL IBTEN CERTIFICA QUE ESTE INSTRUMENTO HA SIDO CALIBRADO SIGUIENDO PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS POR EL OIEA.					
<b>RESULTADOS:</b> Instrumento de escala automática (digital).					
Magnitud de referencia: Dosis equivalente ambiental					
Energía de calibración: 0.662 MeV. Irradiador Amersham 773.					
Condiciones de laboratorio: P: 671.8 mbar T: 15.3 °C H: 48 %					
<b>Tasa</b>	Valores de referencia mrem/h	Lecturas promedio sin ajuste mrem/h	Lecturas promedio después de ajuste	Factor de calibración	Desviación (%)
	35.7	34.5	No se ajusta	1.1	6.3
<b>Chirp</b>					
	Escala	Chirps/mm			
	1/50	3			
	1/20	7			
	1/10	12			
	1/5	24			
	1/2	64			
	1/1	116			
<b>Integración:</b>					
Lectura 0.57 mrem en 60 seg. : 0.0093 uR en 1seg					
Ref: 0.59 mrem en 60 seg Factor: 1.1(+6.3 %)					
La proporción divisoria se cumple satisfactoriamente.					
Nota. Para referirse en unidades del Sistema Internacional (mSv) se debe dividir por 100.					
<b>CONCLUSION:</b> El monitor de radiación se encuentra en buen estado de funcionamiento.					
<b>RECOMENDACION:</b> Debe tener mantenimiento y limpieza adecuados. Revisar la batería y evitar el derrame interno. Debe permanecer en ambiente seco.					
30 de septiembre de 2015					
_____ Ing. L. Ronald Berdeja Amattler Dosimetría de Radiaciones Ionizantes <b>IBTEN</b> <a href="mailto:dosimetria@ibtan.gob.bo">dosimetria@ibtan.gob.bo</a>					

Figura 3.36 Certificado de calibración de monitor multiuso RDS-31.

Y este es el certificado que se extiende que tiene duración de 1 año calendario de su calibración, con todas sus especificaciones de calibración del instrumento como se ve en la Figura 3.36.

### 3.7.2 Mantenimiento correctivo



**Figura 3.37 Flujograma de mantenimiento correctivo.**

En el caso de que existiese un instrumento en mal estado es muy difícil que se pueda reparar por que utiliza en su placa circuital tecnología SMD.

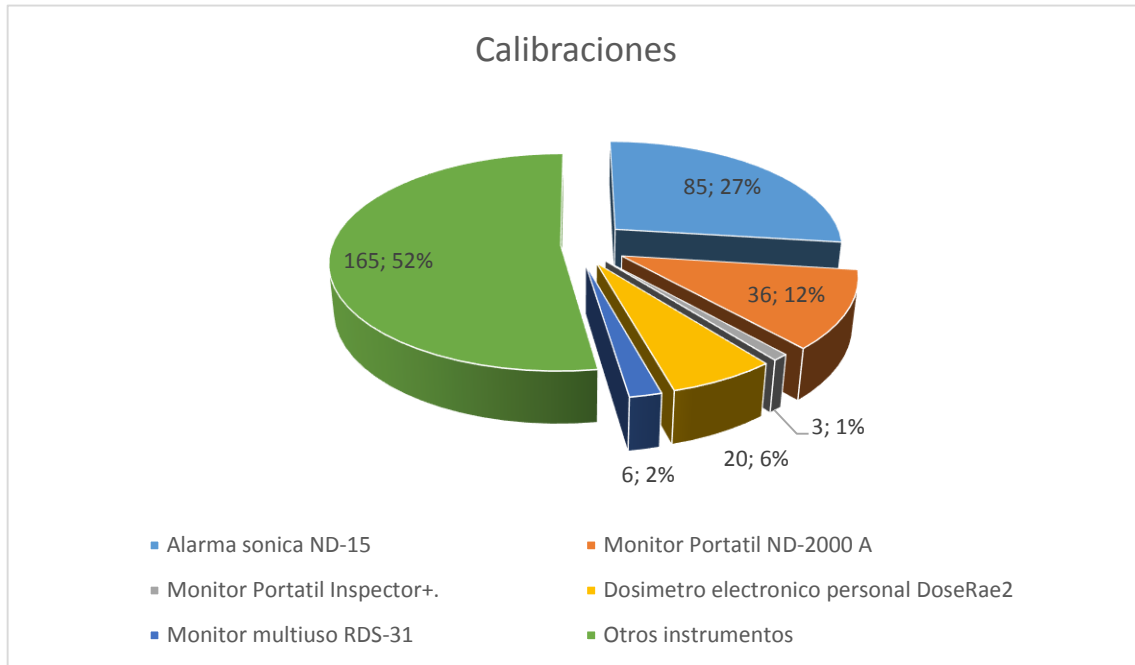
El problema que se tuvo en un monitor que llego fue que se colgó pero con un reinicio se pudo volver a utilizar de forma normal.

### 3.8 Resumen estadístico de los monitores

En este resumen se indica el total de monitores calibrados, mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos realizados a lo largo de la pasantía.

#### Datos estadísticos de calibraciones totales.

Se tomó la base de datos general de todas las calibraciones hechas en la gestión 2015, que tiene un total de 315 calibraciones de las cuales 150 calibraciones fueron hechas en el periodo de la pasantía.

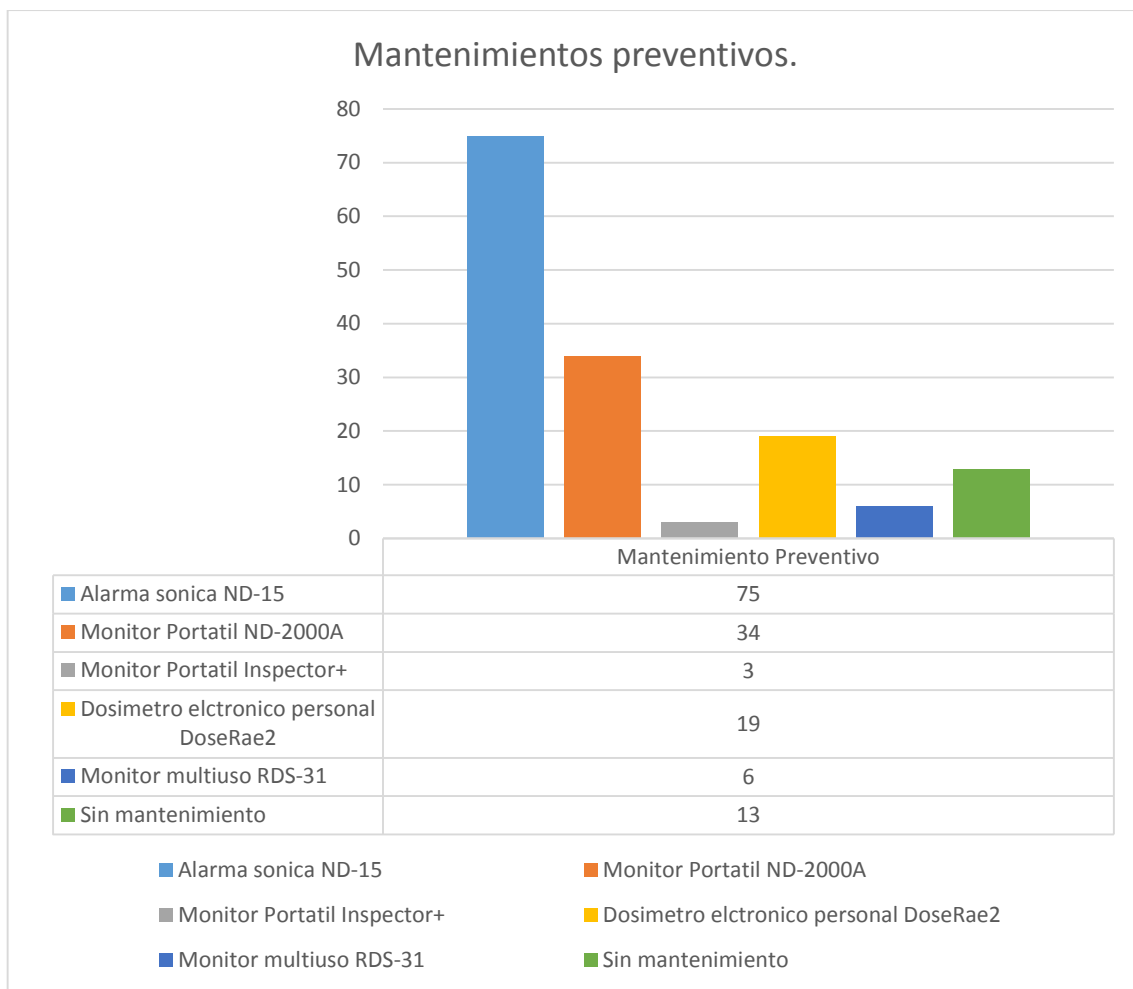


Monitores	Calibraciones
Alarma sónica ND-15.	85
Monitor Portátil ND-2000A.	36
Monitor Portátil Inspector+.	3
Dosímetro electrónico personal DoseRae2.	20
Monitor multiuso RDS-31.	6
Otros instrumentos.	150

**Tabla 3.21 Datos estadísticos del total de las calibraciones.**

**Datos estadísticos de mantenimientos preventivos totales.**

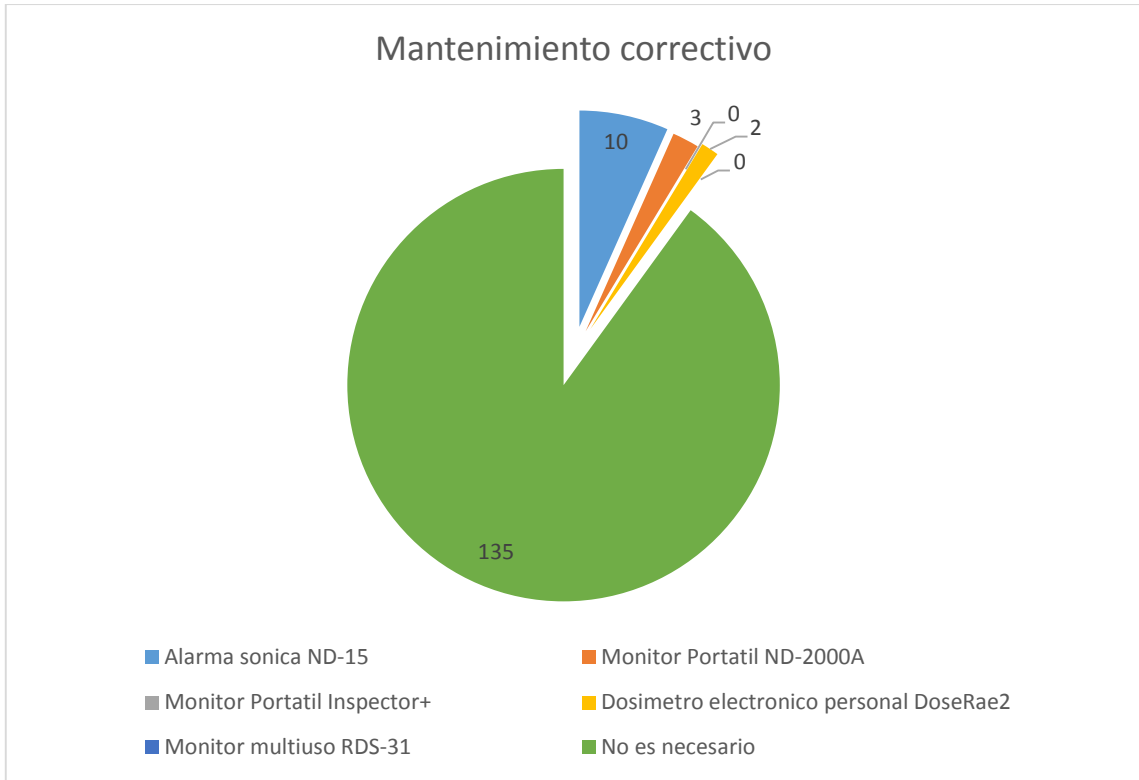
Se tomó la base de datos general de todos los mantenimientos preventivos hechos en el periodo de la pasantía, que tiene un total de 150 monitores de las cuales a 137 se les hizo el respectivo mantenimiento preventivo.



**Tabla 3.22 Datos estadísticos del total de mantenimientos preventivos.**

#### **Datos estadísticos de mantenimientos correctivos totales.**

Se tomó la base de datos general de todos los mantenimientos correctivos hechos en el periodo de la pasantía, que tiene un total de 150 monitores de las cuales a 15 se les hizo el respectivo mantenimiento correctivo.



<b>Monitores</b>	<b>Mantenimiento Correctivo</b>
Alarma sónica ND-15.	10
Monitor Portátil ND-2000A.	3
Monitor Portátil Inspector+.	0
Dosímetro electrónico personal DoseRae2.	2
Monitor multiuso RDS-31.	0
No es necesario.	135

**Tabla 3.23 Datos estadísticos del total de mantenimientos correctivos.**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Como conclusión del trabajo de pasantía realizado en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear por el tiempo de 4 meses se tiene las siguientes conclusiones:

- Se logró analizar el circuito de la alarma sónica ND-15 y cuando se tuvo que realizar el mantenimiento correctivo no hubo mucho problema ya que en su manual de servicio cuenta con el diagrama del circuito, y gracias a la ayuda de las materias de Electrónica I, Electrónica Digital I, Electrónica Digital II, Electrónica Industrial, se pudo saber la funcionalidad del circuito e identificar la falla y dar una solución.
- El monitor portátil ND-2000A es analógico porque su respuesta es similar a la de un tester analógico y que su calibración se la hace mediante patrones y movimiento de los potenciómetros, es un monitor que detecta la radiación mediante un sensor (Geiger).
- El monitor portátil “Inspector +” es difícil de realizarle algún tipo de mantenimiento correctivo por qué su parte electrónica está basada en tecnología SMD, es un instrumento digital sencillo.
- El dosímetro electrónico personal DoseRae2 es un instrumento digital de lectura inmediata además de ser muy sofisticado porque se lo puede calibrar de dos maneras mediante una fuente patrón y mediante su software que posee este instrumento.
- Se logró saber que el monitor multiuso RDS-31 es uno de los instrumentos más completos que existe para la detección de radiación o fuentes radioactivas ya que posee rangos automáticos de detección, una memoria interna para guardar los datos de las dosis detectadas de radiación y está a la vez se la puede pasar a una base de datos en una pc mediante su software del equipo.

## Recomendaciones

Una vez identificadas las conclusiones de la pasantía es importante generar y sugerir algunas recomendaciones que seguro contribuirán a la mejora de los diferentes servicios que presta la institución, mismas que las detallo a continuación:

- Poder tener autosuficiencia de repuestos para el reemplazo de componentes cuando se realiza el mantenimiento correctivo a la alarma sónica ND-15 ya que mayormente este tipo de instrumentos presentan fallas.
- Desarrollar una apreciación más detallada a la calibración del monitor ND-2000A la parte de la alimentación ya que posee un regulador de voltaje con un potenciómetro que puede influir en la detección de radiación mediante el sensor Geiger.
- Integrar un soporte para la calibración de los dosímetros electrónicos personales DoseRae2 porque para la calibración de este instrumento se utiliza el fantoma de agua y la automatización del brazo mecánico de la cámara para no hacer los movimientos manualmente, como se trabaja con fuentes activas de radiación para obtener mayor seguridad.
- Dar más énfasis a las prácticas, pruebas con los software's de los monitores detectores de radiación, porque actualmente solo se hace mayor referencia a la calibración mediante un patrón exclusivo; al realizar la calibración mediante su software se puede afinar los errores y sus desviaciones.

## BIBLIOGRAFIA

**Electrónica**

2da Edición



Autor: Allan R. Hambley

### **Electrónica Integrada**

Autor: Jacob Millman, Ph. D. y Christos C. Halkias, Ph. D. Profesores de Ingeniería Eléctrica de la Columbia University.

Editorial Hispano Europea

Barcelona (España)

### **Guidance on the import and export of radioactive sources**

IAEA, Vienna 2005

IAEA/CODEOC/IMP-EXP/2005 © IAEA, 2005

Printed by the IAEA in AUSTRIA March 2005

### **Cultura de Seguridad en Instalaciones Radiactivas y Nucleares**

Autor: Mario Mallaupoma Gutiérrez

### **Environmental Radón**

Edited by

C. RICHARD COTHERN

U.S. Environmental Protection Agency

Washington, D.C. and

JAMES E. SMITH, Jr.

U.S. Environmental Protection Agency

Cincinnati, Ohio

Volume 35

### **Photoionization Detectors in Air Monitoring**

*Instrumentation*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993

**NIOSH:** *Pocket Guide to Chemical Hazards*, NIOSH Publications, Cincinnati, OH, 1994

**RAE Systems:** Factores de corrección y potenciales de ionización (Nota técnica TN-106)

**RAE Systems:** Determinación de los límites de alarma para mezclas (Nota técnica TN-130).

**RAE Systems:** Medidas de factores de corrección para compuestos volátiles con PID (TN-120) Guía de formación sobre PID.

**Carol J. Maslansky, Steven P. Maslansky:**

## **INTRODUCTION TO RADIOLOGICAL PHYSICS AND RADIATION DOSIMETRY**

Autor: FRANK HERBERT ATTIX

Professor of Medical Physics

University of Wisconsin Medical School

Madison, Wisconsin

[www.raesystems.com](http://www.raesystems.com)

[raesales@raesystems.com](mailto:raesales@raesystems.com)

[www.ndsproducts.com](http://www.ndsproducts.com)

[info@ndsproducts.com](mailto:info@ndsproducts.com)

[sales@ndsproducts.com](mailto:sales@ndsproducts.com)

[customerserv@raesystems.com](mailto:customerserv@raesystems.com)

[www.mirion.com](http://www.mirion.com)

[www.rados.com](http://www.rados.com)

[hamburg-info@mirion.com](mailto:hamburg-info@mirion.com)

[radosturku@mirion.com](mailto:radosturku@mirion.com)

<http://www.ibten.gob.bo/portal/index.php>





## **GLOSARIO DE TERMINOS**

## Unidades de medida de la radiación

Para medir la radiación, la exposición a ella y la dosis se emplean diversas unidades.

Un **roentgen** es la cantidad de radiación X o radiación gamma que produce una unidad electrostática de carga en un cc de aire seco a 0 C y 760 mm de presión atmosférica de mercurio. El Inspector+ da resultados en miliroentgens por hora (mR/h).

Un **rad** es la unidad de exposición a la radiación ionizante igual a la energía de 100 ergios por gramo de materia irradiada. Es aproximadamente igual a 1,07 roentgens.

Un **rem** es la dosis recibida por la exposición a un rad. Es la cantidad de rads multiplicada por el factor de calidad de la fuente particular de radiación. El rem y el milirem son las unidades de medida más comúnmente utilizadas para la dosis de radiación en EUA. 1 rem= 1 rad.

Un **sievert** es la medida internacional normal para medir la dosis. Un sievert equivale a cien rems. Un microsievert ( $\mu\text{Sv}$ ) es un millonésimo de un sievert.

Una **curie** es la cantidad de materia radiactiva que se degrada a razón de 37 mil millones de desintegraciones por segundo, aproximadamente la velocidad de desintegración de un gramo de radio. Los microcuries (millonésimos de un curie) y picocuries (billonésimos de un curie) también se usan como unidades de medida.

Un **bequerel** (Bq) es equivalente a una desintegración por segundo.

## Radiación ionizante

La **radiación ionizante** es una radiación que cambia la estructura de los átomos individuales pues los ioniza. Los iones producidos, a su vez, ionizan más átomos. A las sustancias que producen una radiación ionizante se las llama radiactivas.

La **radiactividad** es un fenómeno natural. En el sol y en otras estrellas se producen reacciones nucleares continuamente.

La radiación emitida viaja por el espacio y una pequeña fracción de ella llega a la Tierra. En la gente y en la tierra también existen las fuentes naturales de radiación ionizante. La más común de estas fuentes es el uranio y sus productos de degradación natural.

La **radiación ionizante** se divide en cuatro grupos:

Los **rayos X** son una radiación artificial producida al bombardear en el vacío un blanco metálico con electrones a alta velocidad. Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas luminosas y las de radio, pero de una longitud de onda extremadamente corta, inferior a  $0,1 \times 10^{-9}$  cm. También se llaman fotones. La energía de los rayos X es millones de veces mayor que la de las ondas luminosas o de radio. Debido a este elevado nivel de energía, los rayos X penetran diversos materiales, inclusive los tejidos orgánicos.

Los **rayos gamma** son casi idénticos a los rayos X, pero generalmente tienen una longitud de onda más corta que la de los rayos X. Los rayos gamma son muy penetrantes, por lo cual normalmente se requiere un blindaje grueso de plomo para detenerlos.

**Radiación beta.** Una partícula beta es un electrón emitido por un átomo. Tiene más masa y menos energía que un rayo gamma, por lo que no penetra la materia tan profundamente como los rayos gamma o los rayos X.

**Radiación alfa.** Una partícula alfa consta de dos protones y dos neutrones, lo mismo que el núcleo de un átomo de helio.

Generalmente no puede desplazarse más de 1 a 3 pulgadas (2,5 a 7,5 cm) por el aire antes de detenerse, y se puede detenerse con una hoja de papel.

**Degradación:** cuando un átomo emite una partícula alfa o beta o un rayo gamma, se convierte en un tipo diferente de átomo. Las sustancias radiactivas podrán pasar por varias etapas de degradación antes de convertirse en una forma estable y no ionizante. Por ejemplo, el U 238 pasa por 14 etapas diferentes de degradación antes de estabilizarse.

Un elemento puede presentarse de varias maneras, llamadas **isótopos**. A un isótopo radiactivo de un elemento puede llamarse "radioisótopo". Sin embargo, la forma más correcta es "radionucleido".

Vida media: cada radionucleido posee una vida media característica, que es el tiempo necesario para que la mitad de su masa se degrade.

**Fantoma de agua**, es un aparato o elemento utilizado para el calibrado de equipos de imagen y que contiene, en su interior, elementos de características similares a los del organismo.



## ANEXOS



Electr metro Anal gico



Electr metro Digital

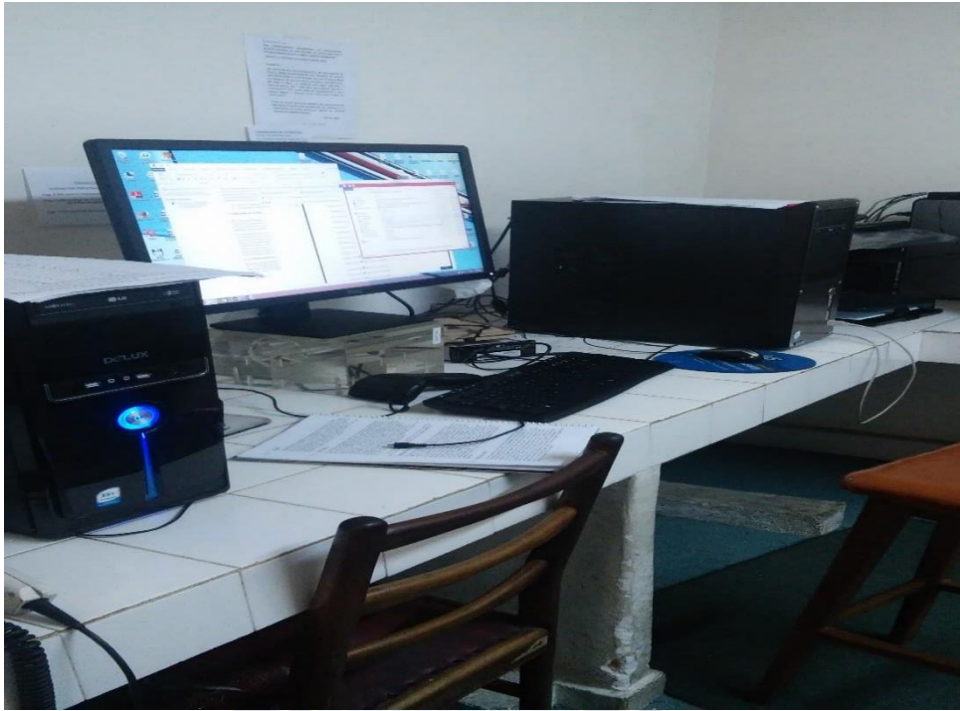


Lector de TLD

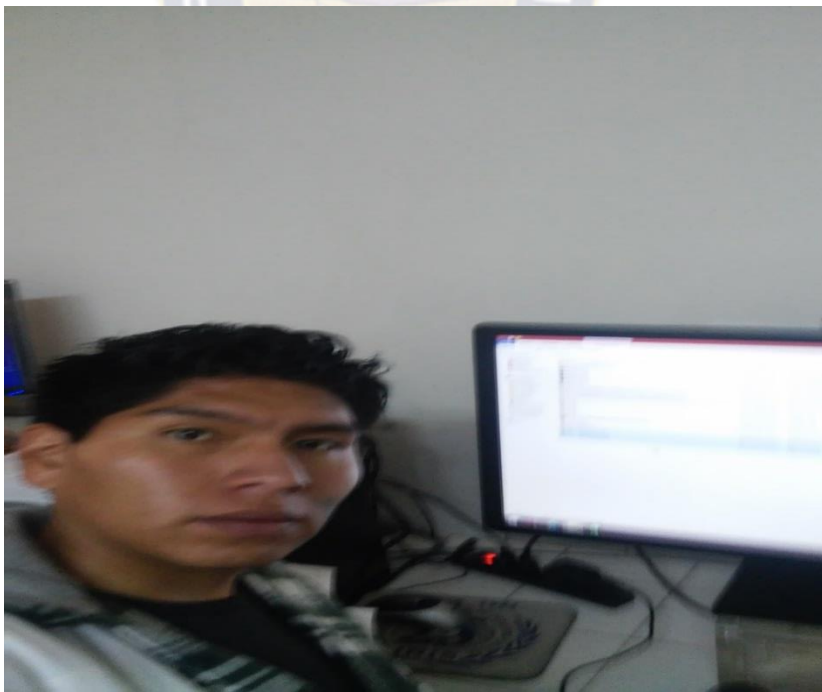


Horno de calibración

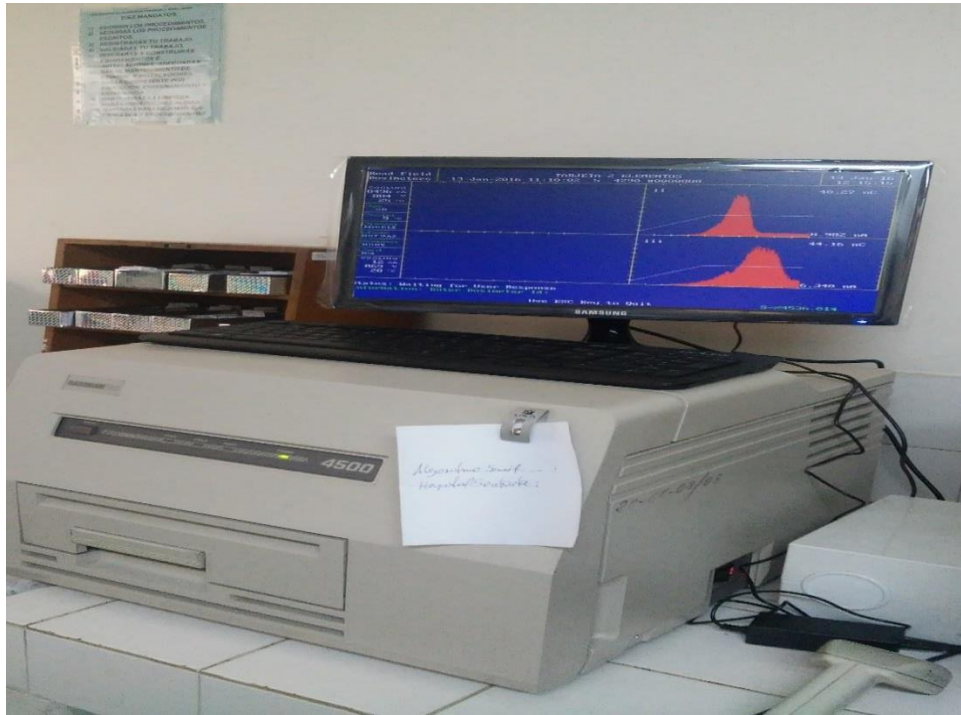




Base de Datos



Ingreso de datos en laboratorio de lecturas



Lecturas de Dosímetros



Cámara y Soporte de calibraciones



Herramientas e Instrumentos de mantenimiento correctivo



Barómetro y Termómetro