

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE AMBIENTAL
PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE BACHILLERATO



**“PROPUESTA DE PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA
EQUIPOS GENERADORES DE RADIACIONES ULTRAVIOLETA, LÁSER Y
RAYOS X, EN TRIMPOT ELECTRÓNICAS LTDA.”**

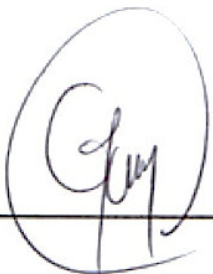
REALIZADO POR: DIEGO BONILLA GARITA, 200019658
PROFESOR ASESOR: ING. ESTEBAN ARIAS MONGE
ASESOR INDUSTRIAL: JUAN CARLOS VALVERDE CALDERÓN

Junio 2015

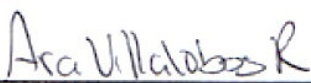
**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL
PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Proyecto de graduación defendido públicamente ante el tribunal examinador integrado por los profesores: Ing. Ara Villalobos, Ing. Gabriela Morales e Ing. Esteban Arias. Como requisito para optar al grado de Bachiller en Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del trabajo desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Esteban Arias M.



Profesor evaluador



Profesor evaluador



Profesor Asesor



Estudiante

Cartago, 23 de junio de 2015.

Agradecimientos

Quiero dejar manifiesto mi agradecimiento a mi madre por todo su esfuerzo y sacrificio para poder darme mi mas grande logro académico, a mi amada esposa por el apoyo incondicional en este y todos los proyectos de mi vida, a mi tía Víqui por su gran apoyo en todos mis años de universidad, mis queridos hermanos y todos los que de una u otra forma colaboraron y apoyaron en la realización de mis estudios y este proyecto.

Mi agradecimiento también a los profesores y personas involucradas en este proyecto especialmente al Ing. Esteban Arias y al señor Juan Carlos Valverde por la oportunidad de compartir su conocimiento y de brindar el apoyo en la empresa.

A todos muchas gracias

Dedicatoria

A mi Dios quien supo guiarme frente a las adversidades y
por dejarme poder cumplir mis sueños.

Resumen

A continuación se presenta una propuesta de aplicación práctica para la gestión segura del uso de las radiaciones presentes en los procesos de la empresa Trimpot Electrónicas Ltda., la cual se dedica a la fabricación y ensamble de componentes electrónicos.

La iniciativa para esta propuesta, surge de la identificación de posibles peligros de exposición a radiaciones ionizantes y no ionizantes en la evaluación de riesgos del Plan de Salud Ocupacional realizado a principios del 2014 y de un posible incumplimiento a nivel legal en el manejo de las radiaciones dentro de la empresa.

Como punto de referencia para cumplir el objetivo planteado de diseñar un programa de protección radiológica, en los procesos de producción de Trimpot Electrónicas Ltda.; se realizó una determinación de la situación actual, específicamente la evaluación de la exposición ocupacional a las radiaciones, así como la identificación de condiciones de exposición y la evaluación del grado de cumplimiento de condiciones de seguridad ingenieriles y administrativas de las fuentes emisoras de radiación.

Al realizar el estudio se obtuvo resultados que alertan a la empresa en que debe iniciar con la implementación de controles como procedimientos de trabajos seguro, dosimetrías y evaluación periódicas de control, fabricación e instalación de cobertores y enclavamientos, así como el de capacitar e informar a su personal en el manejo de las radiaciones con que trabajan.

En respuesta a los resultados se diseñó un Programa de Protección Radiológica según los requerimientos de la legislación nacional e internacional aplicables, el cual cuenta con las medidas de control tanto administrativa como ingenieriles para una adecuada administración de los riesgos de cada tipo de radiación presentes en Trimpot Electrónicas Ltda.

Palabras claves: Radiación Ultravioleta, Rayos X, Rayos Láser, Condiciones de Exposición.

Índice General

I. INTRODUCCIÓN.....	11
A. Identificación de la Empresa.....	11
B. Descripción del problema.....	18
C. Justificación	18
D. Objetivos.....	21
E. Alcance y limitaciones	22
II. MARCO CONCEPTUAL	23
III. METODOLOGÍA	26
A. Tipo de estudio	26
B. Población y muestra.....	26
C. Fuentes de información	28
D. Operacionalización de Variables.....	30
E. Descripción de las herramientas	36
F. Plan de Análisis	40
IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	43
A. Identificación de Condiciones de Exposición a Rayos Láser.	43
B. Caracterización de la Exposición Visual a Rayos Láser.....	52
C. Identificación de Condiciones de Exposición a Radiación Ultravioleta.	54
D. Caracterización de la Exposición a Radiación Ultravioleta.	60
E. Identificación de Condiciones de Exposición a Rayos X.	68
F. Caracterización de la Exposición a Rayos X.	74
G. Conclusiones.....	78
H. Recomendaciones.....	79
V. PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.....	81
1. INTRODUCCIÓN.....	81
2. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES	81
a. Objetivos del Programa de Protección Radiológica (PPR)	81
b. Alcance y Estructura del Programa de Protección Radiológica (PPR)	82
c. Definiciones	83
d. Legislación y normativa de referencia.	86
e. Responsables del Programa de Protección Radiológica (PPR).....	86
3. CLASIFICACIÓN DE FUENTES RADIOLÓGICAS.....	90
a. Contabilización y Registro de las Fuentes.	90
b. Clasificación de Zonas (Zonas Controladas y Zonas Supervisadas)	92

4. EVALUACIÓN RADIOLÓGICA Y DE LA SEGURIDAD.....	93
5. MEDIDAS DE CONTROL DE RIESGO	94
a. Medidas de Control Administrativas	94
b. Medidas de Control Ingenieriles	97
6. RESPUESTA A EMERGENCIAS	109
7. AUDITORIA DEL PPR.....	109
8. PRESUPUESTO.....	110
9. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.....	112
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
VI. BIBLIOGRAFÍA	114
VI. APÉNDICES.....	116
Apéndice 1. Encuesta Higiénica Rayos Láser.	117
Apéndice 2. Encuesta Higiénica Rayos X.	119
Apéndice 3. Encuesta Higiénica Radiación UV.	121
Apéndice 4. Ilustraciones de las Fuentes de Rayos Láser y Determinación de ángulos de visión.....	123
Apéndice 5. Procedimientos de PPR.....	130
Apéndice 6. Diseño de Cobertores de Seguridad.....	177
Apéndice 7. Ubicaciones de Cobertores y Enclavamientos	193
VII. ANEXOS	209
Anexo 1. Lista de Verificación de la Norma ANSI Z 136.1. -2014. <i>Control Measures for the Seven Laser Classes.</i>	210
Anexo 2. Lista de Verificación del estándar Australiano Standard AS 2243.3:1998.	211
Anexo 3. Lista de verificación UV Radiation Safety Program at the University of Toronto	213
Anexo 4. Certificado de Calibración del Radiómetro.	214
Anexo 5. Informe de Laboratorio Proxtronics.....	215

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama Trimpot Electrónicas Ltda.....	13
Figura 2. Potenciómetro.....	14
Figura 3. Network.....	15
Figura 4. GDT.....	15
Figura 5. Organigrama de Salud Ocupacional Trimpot Electrónicas Ltda.....	18
Figura 6. Fórmula de cálculo de tamaño de muestra con poblaciones de gran tamaño.....	27
Figura 7. Esquema de Variable de Objetivo 1.....	31
Figure 8. Esquema de Variable de Objetivo 2.....	33
Figura 9. Esquema de Variable de Objetivo	35
Figura 10. Fórmula Irradiancia y Tiempo Máximo de Exposición a Radiación UV.....	39
Figura 11. Fórmula de Exposición Radiante Difusa "Ley de Lambert".....	40
Figura 12. Fórmula Nominal Hazard Zone (NHZ).....	40
Figura 13. Plan de Análisis Objetivo 1.....	41
Figura 14. Plan de Análisis Objetivo 2.....	43
Figura 15. Porcentaje de cumplimiento por categoría de la lista de verificación rayos láser.....	48
Figura 16. Porcentaje de cumplimiento por equipo o puesto de la lista de verificación rayos láser	49
Figura 17. Diagrama de Interrelaciones de Condiciones de Exposición a Rayos Láser	51
Figura 18. Estimación de la exposición radiante visual difusa a rayos láser.....	53
Figura 19. Estimación de Nominal Hazard Zone (NHZ) para radiación difusa visual a rayos.....	54
Figura 20. Porcentaje de cumplimiento por categoría de la lista de verificación radiación ultravioleta.....	57
Figura 21. Porcentaje de Cumplimiento por Área de la Lista de Verificación Radiación Ultravioleta.....	58
Figura 22. Diagrama de interrelaciones de condiciones de exposición de radiación ultravioleta.....	59
Figura 23. .Evaluación de la exposición a radiación ultravioleta en el Modelo 3224	61
Figura 24. Estimación de la exposición a radiación UV en el Modelo 3214.....	62
Figura 25. Estimación de la exposición a Radiación UV en máquinas SP's.....	63
Figura 26. Estimación de la exposición a Radiación UV en el Modelo 3361.....	65
Figura 27. Estimación de la exposición a Radiación UV en el Equipo Conveyer	66
Figura 28. Estimación de la exposición a Radiación UV en el Equipo Microscopio.....	67
Figura 29. Porcentaje de cumplimiento por categoría de la lista de verificación rayos X.....	71
Figura 30 Porcentaje de cumplimiento por equipo de la lista de verificación de rayos X.....	71
Figura 31. Diagrama de Interrelaciones de Condiciones de Exposición de Rayos X.....	73
Figura 32. Fuentes de Rayos X LIXI.....	75
Figura 33. Fuentes de Rayos X FISCHERSCOPE® X-RAY ZAN 215.....	75
Figura 34. Fuentes de Rayos X FISCHERSCOPE® X-RAY XDVM®-W.....	76
Figura 35. Estructura Organizacional de Protección Radiológica.....	83
Figura 36. Anteojo de protección a Láser CO2 opción 1.....	98

Figura 37. Anteojo de protección a Láser CO2 opción 2.....	99
Figura 38 Anteojo de protección a Láser Nd:YAG opción 1.....	100
Figura 39. Anteos de protección a Láser Nd:YAG opción 2.....	101
Figura 40 Anteojo de protección a Radiación UV opción #1.....	102
Figura 41. Anteojo de protección a Radiación UV opción #2.....	103
Figura 42. Acrílico con Filtro para Láser CO2	104
Figura 43. Acrílico con Filtro para Láser Nd:YAG.....	106
Figura 44. Enclavamiento o Interruptor de Seguridad para Cobertores (Safety Switches).....	107
Figura 45. Ilustración de cobertor y enclavamiento Láser 5 Pines.....	108
Figura 46. Cálculo de tiempos de exposición a radiación UV.....	140
Figura 47. Partes de Equipo LIXI.....	142
Figura 48 Partes de Fischer Fhisherscope modelo XMDVM-T7.1W.....	144
Figura 49. Partes de Fischer Fhisherscope modelo XMDVM	146
Figura 50 Partes de Láser de CO2.....	150
Figura 51. Partes de Láser Nag:Yad.....	151
Figura 52. Partes de Equipos de Emisores de Radiación UV de FUSIÓN.....	152
Figura 53. Partes de Equipos de Emisores de Radiación UV Microscopio	152
Figura 54. Partes de Equipos de Emisores de Radiación UV EXPO	153
Figura 55. Dimensiones de símbolo Internacional de Rayos X	159
Figura 56. Símbolo de prohibido el paso.....	160
Figura 57. Símbolo de Riesgo de Láser.....	160
Figura 58. Identificación de Riesgo de Láser Difuso	161
Figura 59. Identificación de Riesgo en Mantenimiento de Láser	161
Figura 60. Símbolo de Uso Obligatorio de Lentes de Protección.....	162
Figura 61. Identificación de Riesgo de Radiación UV.....	162
Figura 62. Fórmula Cálculo de Densidad Óptica para selección de Lente Láser.....	164
Figura 63. Determinación de Filtros de Lentes contra Radiación UV.....	165

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Tamaño de población y muestra del estudio.....	26
Cuadro 2. Distribución de muestras por puesto de Trabajo de Radiación UV.....	28
Cuadro 3. Operacionalización de objetivo 1	30
Cuadro 4. Operacionalización de objetivo 2	32
Cuadro 5. Operacionalización de objetivo 3	34
Cuadro 6 Características de condiciones de exposición de las fuentes de rayos láser.....	45
Cuadro 7. Características de condiciones de exposición de puestos de rayos láser.....	46
Cuadro 8. Estimación de la Exposición Radiante, NHZ y LEO de exposición visual difusa a Rayos Láser...	52
Cuadro 9. Características de condiciones de exposición de las fuentes de radiación UV.....	55
Cuadro 10. Características de condiciones de exposición de puestos de radiación UV.....	56
Cuadro 11. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV en el Modelo 3224.....	60
Cuadro 12. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV en el Modelo 3214.....	62
Cuadro 13. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV en el Modelo SP's.....	63
Cuadro 14. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV en el Modelo 3361.....	64
Cuadro 15. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV del Equipo Conveyor.....	66
Cuadro 16. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV del Microscopio	67
Cuadro 17. Características de condiciones de exposición de las fuentes de rayos X	69
Cuadro 18 Características de condiciones de exposición de los puestos de rayos X.....	69
Cuadro 19. Información General de Dosimetría Termoluminiscente de Rayos X.....	74
Cuadro 20. Datos de Dosimetría Termoluminiscente (TL) de Rayos X.....	76
Cuadro 21. Datos detectables de Dosimetría Termoluminiscente (TLD) de rayos X.....	77
Cuadro 22. Matriz de Contabilización y Registro de Fuentes Radiológicas	91
Cuadro 23. Matriz de Capacitación de PPR.....	95
Cuadro 24. Comparación de Equipos de Protección Visual a Rayos Láser y UV.....	103
Cuadro 25. Costos de Implementación de Programa de Protección Radiológica.....	111
Cuadro 26. Cronograma de Implementación de PPR	112
Cuadro 27. Evaluación de Condiciones de Seguridad Radiológica PPR-R-02.....	132
Cuadro 28. Registro de Dosimetría Personal de Rayos X.....	137
Cuadro 29. Registro de Exposición Radiante Visual Difusa a Rayos Láser y NHZ.....	139
Cuadro 30. Irradiancia y Tiempos de Exposición a Radiación UV”.....	141
Cuadro 31. Listado de Personal de Mantenimiento de Equipos Radiológicos Autorizados.....	156
Cuadro 32. Listado de Capacitación y entrenamiento PPR.....	169

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la Empresa

1. Misión

Nuestra meta es la satisfacción de nuestros clientes en una forma global, mientras alcanzamos un sólido crecimiento con productos tecnológicos de diseño innovador, calidad superior y valor excepcional.

Estamos comprometidos con la excelencia, con el mejoramiento continuo de nuestra gente, tecnologías, sistemas, productos y servicios; para el mantenimiento del liderazgo en la industria y los más altos niveles de integridad.

2. Antecedentes Históricos

En noviembre del año 1979, se inició un importante proyecto en Costa Rica: desarrollar una planta manufacturera de potenciómetros conocidos como “*Trimmers*” para el mercado mundial. El inicio de sus operaciones se realizó en San Antonio de Belén, en un pequeño edificio, con apenas 21 empleados, fabricando un solo modelo de potenciómetro con un volumen de 10.000 unidades por semana.

En marzo del año 1980, las operaciones se trasladaron al edificio actual ubicado en La Asunción de Belén con una área de construcción de apenas la cuarta parte de las instalaciones actuales. Debido a los excelentes resultados obtenidos, se transfirió un nuevo modelo a Costa Rica. En los siguientes tres años, Trimpot se convirtió en una fuerte compañía al incrementar su planilla en más de 300 empleados, con un nivel de producción superior a 1.1 millones de unidades por semana, llegando mediante la creación de las áreas de fabricación de componentes a 2.2 millones de unidades por semana.

Durante los años de 1994 y 1995, se dio un gran paso al concluir la construcción de un nuevo edificio para albergar áreas de fabricación de componentes esenciales del potenciómetro, que hasta ese momento se importaban de otras compañías de la misma corporación. Además se obtienen los certificados de ISO-9001:94 y QS-9000, siendo la primera empresa costarricense en obtener estos certificados de nivel mundial.

Actualmente, TRIMPOT ELECTRÓNICAS LTDA, ha obtenido dos nuevos certificados que mejoran sus productos, procesos y servicios; los cuales son la norma ISO-14001 y sistema de “*LEAN MANUFACTURING*” (Manufactura Ágil), para los que trabajan integradamente los departamentos de Manufactura, Materiales, Aseguramiento de la Calidad (QC), Contraloría, Recursos Humanos y el departamento de Salud Ocupacional y Ambiente.

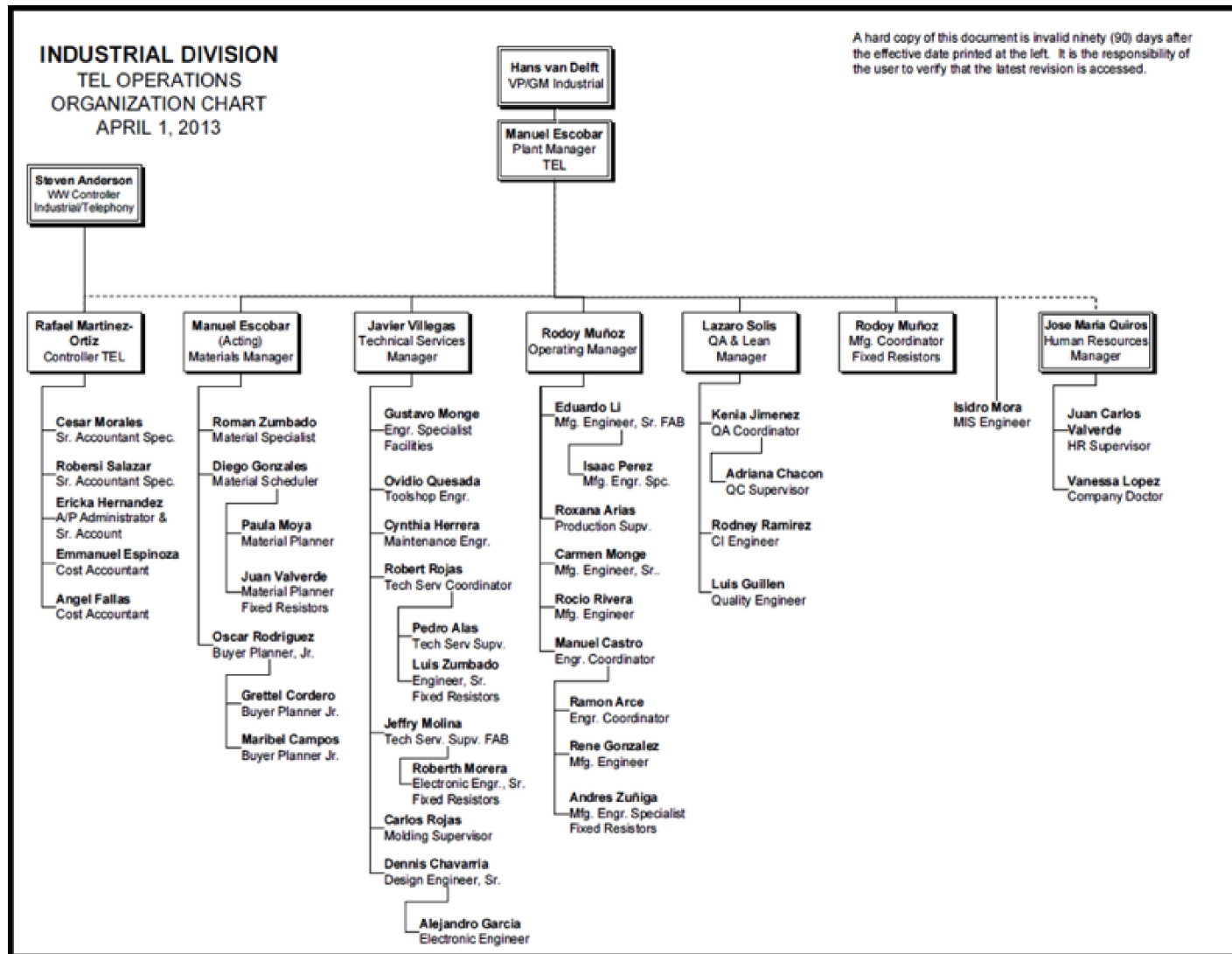
3. Ubicación geográfica

Trimpot Electrónicas Ltda. perteneciente a la Corporación Bourns, cuya casa matriz está ubicada en Riverside California, EEUU; posee dos plantas de fabricación y ensamble de componentes electrónicos conocidos como: Planta de TEL East y TEL- WEST, ubicadas en la Asunción de Belén en Heredia

4. Organización de la empresa

A continuación se puede encontrar el organigrama de Trimpot Electrónicas (ver Figura 1)

Figura 1. Organigrama Trimpot Electrónicas Ltda.



Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda, 2014.

5. Número de empleados

La empresa cuenta actualmente con una fuerza laboral de 680 colaboradores en sus plantas productivas, incluyendo personal administrativo.

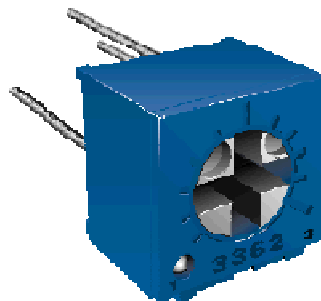
6. Tipos de productos

Trimpot Electrónicas divide actualmente sus productos en tres grandes áreas de negocios o productos, descritas a continuación:

6.1 Trimmer

Un potenciómetro, que es un regulador de resistencia eléctrica (ver Figura 2). La resistencia es la capacidad de un material opONENTE al paso de la corriente eléctrica. Los potenciómetros creados en Trimpot regulan el paso de la corriente eléctrica de los aparatos en los cuales son utilizados por los clientes; entre los más comunes se destacan computadoras, radios, mini-componentes, DVDs, productos militares, transbordadores, televisores y otros.

Figura 2. Potenciómetro



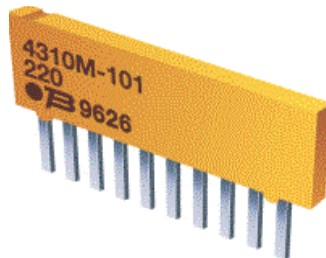
Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda.

6.2 Fixed Resistor

Es el área donde se fabrica un elemento pasivo el cual tiene la función de limitar el paso de la corriente eléctrica en un determinado circuito. Su función es limitar la corriente en componentes electrónicos que tienen funciones digitales o analógicas. El producto realizado

en el área de *Fixed Resistor* es utilizado principalmente en sistemas de telecomunicación (ver Figura 3).

Figura 3. Networks



Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda.

6.3 GDT

En esta área se fabrican tubos de descarga de gas (*Gas Discharge Tubes*, siglas en inglés), los cuales se utilizan como protectores de sobre voltaje en productos enfocados para sistemas de telecomunicación, principalmente centrales telefónicas(ver Figura 4).

Figura 4. GDT



Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda.

7. Proceso productivo

Los procesos productivos se dividen en tres áreas de negocios y en dos diferentes naves de producción, a continuación se describen los distintos procesos:

7.1 Trimmer

Es el área de negocio especializada en la fabricación y ensamble de potenciómetros, esta área cuenta con los siguientes departamentos, áreas o procesos de trabajo:

- Departamento de *Thick Film*, que se subdivide en áreas de *Clean Room*, *Screen Making* y *Laser Trim*.
- Departamento de fabricación, se subdivide en áreas de *Shaft*, *Moldeo*, *Rotor Assy*, *Swager* y *TMM*.
- Departamento de *Final Assembly* la que se subdivide en modelos 338, 9996, Familia, *Rotor Largo*, *SP's*, entre otros.

7.2 Fixed Resistor

Es el Área de Negocio especializada en la fabricación y ensamble de *Networks*, *Valeo* y *Power Resistor*, en el proceso productivo cuenta con los siguientes departamentos, áreas o procesos trabajo:

- Departamento de *Thick Film*, que se subdivide en áreas de *Clean Room*, *Screen Making* y *Laser Trim*.
- Departamento de producción, que se subdivide en modelos 4100, 4300, 4400, 4800, *Valeo* y *Power Resistor*; cada uno de los modelos cuenta con procesos como *Breaker*, *Frammer*, *Moldeo*, *Deflash*, *Marking*, *Corfin* y *Borfin*, *Brazing*, Testeo y Empaque.

7.3 GDT

El GDT es el área especializada en la fabricación y ensamble de tubos de descarga de gas, cuenta con los siguientes departamentos, áreas o procesos de trabajo:

- Departamento de Fabricación; el cual se divide en áreas como *Clean Room*, *Grapho*, *Brazing* y *Electrodeposición*.
- Departamento de *Finishing* el cual se divide en las siguientes áreas Pintura, *Batch Test* (cuarto eléctrico), *Jensen*, Testeo y Empaque.

- Departamento de Final Assy que se divide en las áreas de 5 pines, *Digiguard*, Pintura y Empaque.

7.3 Áreas de soporte

Las tres áreas de negocios anteriormente descritas se encuentran ligadas por los departamentos de soporte: Contabilidad, Recursos Humanos, Salud Ocupacional, Facilidades (Mantenimiento), Manufactura, Servicios Técnicos, *Tool Shop*, Calidad y MIS (Computación y Redes); estos le brindan servicios a todas las Áreas, Jefaturas y Departamentos de Trimpot Electrónicas Ltda.

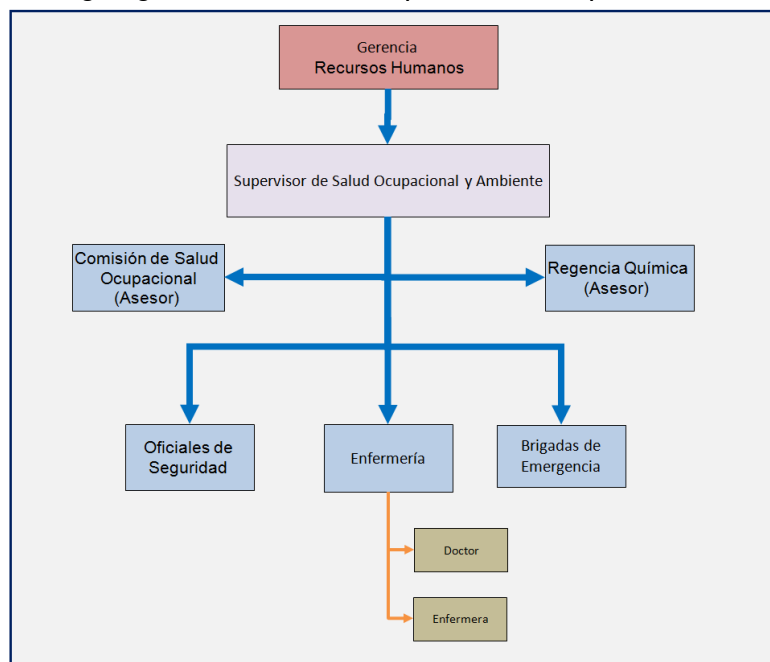
8. Mercado

El mercado de Trimpot Electrónicas está ubicado en países europeos, asiáticos y principalmente los Estados Unidos. Algunos de sus clientes son: AT&T, Motorola, Lucent, SIEMENS, Kodak, Nokia.

9. Organigrama de Salud Ocupacional en la empresa

Trimpot Electrónicas Ltda., cuenta con una organización a nivel de saludo ocupacional y ambiente según se ilustra en la Figura 5.

Figura 5. Organigrama de Salud Ocupacional, Trimpot Electrónicas Ltda.



Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda, 2015.

B. Descripción del problema

Para los procesos productivos de Trimpot Electrónicas se utilizan aproximadamente 35 equipos emisores de radiaciones ionizantes o no ionizantes y son alrededor de 45 trabajadores expuestos a ellas. A finales del 2013, el Departamento de Salud Ocupacional y Ambiente identificó mediante su análisis interno de riesgos ocupacionales, la existencia de exposición ocupacional a radiaciones en varios de sus procesos (Trimpot, 2013), generando así la interrogante de si los trabajadores expuestos se encuentran o no en riesgo de sufrir alguna alteración de salud y de la necesidad de incorporar controles en equipos y trabajadores, debido a que las radiaciones que se emiten tienen la capacidad de generar afectaciones agudas y crónicas a la salud de los trabajadores expuestos (IARC 2006).

C. Justificación

Desde hace varios años la empresa ha ido incorporando en sus distintos procesos, numerables fuentes emisoras de radiaciones ionizantes y no ionizantes, como tecnologías más eficientes en tiempo y consumo energético o en búsqueda de mejorar la detección de

problemas de calidad de los productos, para el secado de cementos o epoxy's y la identificación de piezas. Entre las fuentes emisoras se puede encontrar rayos X, rayos láser y lámparas de radiación UV; estas nuevas adquisiciones motivan a la empresa para invertir recursos en la investigación y prevención de riesgos generados por estos equipos, con la finalidad de garantizar que sus trabajadores cuenten con las mejores condiciones de seguridad en el trabajo.

En la actualidad las aplicaciones de las radiaciones aportan muchos beneficios a la humanidad, desde la generación de energía hasta los usos en la industria, la agricultura y la medicina. Una de las aplicaciones industriales de la radiación de más antigüedad es el uso de radiografía para pruebas no destructivas para piezas o productos de las empresas. La radiografía industrial funciona como un método de verificación de la integridad estructural de un equipo o de un producto; la integridad estructural de esos equipos o productos no solamente afecta la seguridad y calidad de los productos, sino también, puede afectar la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente. Esta técnica industrial es considerada de bajo riesgo siempre que se realice en condiciones de seguridad adecuadas. No obstante, han existido incidentes relacionados con fuentes de radiografía industrial donde se han originado dosis altas de radiación para los trabajadores que han causado afectaciones a la salud, desde quemaduras hasta en algunos casos la muerte (OIEA, 2013).

En la actualidad empresa no existen con registros de enfermedades o accidentes relacionados a las exposiciones a radiación, lo cual se puede estar debiendo a que no han ocurrido o a un desconocimiento de los efectos y su relación con el trabajo, por lo que no han sido documentados como causales de este riesgo.

La exposición laboral a dosis elevadas de radiaciones ionizantes pueden causar efectos llamados deterministas tales como enrojecimiento de la piel, náuseas o quemaduras; son llamados así porque su aparición es segura después de recibir una dosis que sobrepase el nivel umbral. Por otra parte pueden ocurrir efectos somáticos o hereditarios tales como enfermedades malignas, las cuales se manifiestan después de un período de latencia y pueden ser detectados epidemiológicamente en poblaciones, esos efectos se pueden producir en la toda la gama de dosis sin superar el nivel umbral; estos efectos son conocidos como estocásticos por su naturaleza aleatoria (OIEA, 1997).

Por otro lado los efectos derivados de la exposición a radiación no ionizante generada por fuentes emisoras de rayos láser y radiación ultravioleta son característicos de la longitud de onda que emiten; dentro de los principales efectos a nivel de piel se puede encontrar eritema, pigmentación, reacciones alérgicas y quemaduras; a nivel visual se podría presentar fotoqueratitis, cataratas, quemaduras de retina y de córnea (BSI 2007).

A nivel legal las empresas que instalen o manejen equipos emisores de radiaciones ionizantes deben cumplir con diferentes disposiciones legales, las cuales se establecen en la Ley General de Salud No. 5395 en el artículo 248, donde se menciona *que "Ninguna persona podrá instalar o utilizar aparatos o equipos destinados a la producción de luz ultravioleta y de radiaciones ionizantes o sustancias, natural o artificialmente radioactivas, en la industria o en la investigación industrial o científica no médica sin obtener licencia de la Comisión de Energía Atómica, previa aprobación del Ministerio de Salud"*. Para esto es necesario cumplir con lo estipulado en:

- Ley Básica de Energía Atómica Para Usos Pacífico N°4383
- Decreto N°24037-S "Reglamento sobre Protección C ontra Radiaciones Ionizantes"
- Decreto Ejecutivo N° 1 Art. 16. "Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo"

En estos decretos se establecen las normativas generales para la instalación, uso, transporte y control de los equipos emisores de radiaciones ionizantes.

D. Objetivos

Objetivo general

Proponer un Programa de Protección Radiológica para las radiaciones ionizantes y no ionizantes presentes en los procesos productivos Trimpot Electrónicas Ltda.

Objetivos específicos

Identificar las condiciones de exposición a radiaciones UV, Rayos Láser y Rayos X.

Caracterizar la exposición laboral a radiaciones UV, rayos X y exposición visual difusa a rayos Láser.

Diseñar un programa de protección radiológica para los equipos emisores de radiaciones ionizantes y no ionizantes en los procesos productivos de Trimpot Electrónicas Ltda.

10. Alcance y limitaciones

Alcances

- La investigación realizada pretende ser una herramienta para identificar y conocer los niveles y condiciones de exposición ocupacional de los trabajadores del área de estudio a las radiaciones generadas por los equipos emisores de rayos X, rayos láser y radiación ultravioleta.
- Es un Programa de Protección Radiológica (PPR) que ayuda a la empresa a gestionar de forma más técnica y eficaz el manejo seguro de las fuentes radiológicas y de la exposición de los trabajadores.
- La propuesta pretende satisfacer las directrices que solicita la legislación nacional, específicamente el Reglamento Sobre Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, Decreto 24037-S.

Limitaciones

- La empresa no cuenta con registros acerca de la exposición de los trabajadores a las distintas radiaciones; esta situación limita que se pueda profundizar en el estudio de variables de causalidad, ya que se debe empezar por generar los registros correspondientes de radiaciones emitidas, mantenimientos de equipos, accidentes, afectaciones a la salud, entre otros.
- La caracterización de la exposición laboral a rayos láser según el método seleccionado para este estudio, no permite conocer la exposición ocupacional de cuerpo entero, dado que el método es usado exclusivamente para medir exposición visual difusa.
- El uso de un radiómetro simple en vez de un radiómetro integrado tipo dosímetro en la caracterización de la exposición a radiación UV, limita el conocer la exposición ocupacional que puede tener un trabajador en un punto del puesto de trabajo y no los niveles de exposición del trabajador durante toda su jornada laboral.

II. MARCO CONCEPTUAL

Las radiaciones son entendidas como la emisión o transporte de energía por medio de ondas ya sean electromagnéticas o de partículas, las que interaccionan en el medio de diferente manera dependiendo de la naturaleza o del nivel energético. Las radiaciones son clasificadas en dos grandes grupos: las ionizantes y las no ionizantes, donde la diferencia radica en la capacidad energética de ionizar el elemento irradiado. Esta gran clasificación es mejor entendida en el espectro electromagnético, donde se ilustran las radiaciones ionizantes y no ionizantes según la frecuencia y la longitud de onda de las radiaciones. Las radiaciones ionizantes son las más energéticas y se encuentran en las frecuencias más altas (rayos X, rayos gamma, rayos cósmicos), estas son capaces de ionizar la materia y alterar las moléculas extrayendo un electrón de su estructura. Las radiaciones no ionizantes son de menor energía y no son capaces de ionizar la materia (ondas de radio, microondas, infrarroja, rayos láser, visible y ultravioleta) (Pérez, 2011).

Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma, donde existen algunas diferencias es con los rayos gamma por su origen; los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear, mientras que los rayos X son de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, producidos principalmente por desaceleración de electrones. La energía de los rayos X se encuentra en el espectro electromagnético entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente (Proxtronics, 2009).

La radiación ultravioleta se encuentran en los rangos de longitud de onda de 100nm a 480nm del espectro electromagnético y cuenta con una subclasificación según los efectos y características propias de la radiación, donde de 315nm a 400nm es conocida como Black Light o UV-A, otra que va desde los 280nm a los 315nm es conocida como Eritema o UV-B y por último de 100nm a 280nm se conoce como germicida o UV-C; la exposición a estas radiaciones puede ser medida como irradiancia o exposición radiante, donde la medida involucra la potencia por unidad de área (AIHA, 2013).

La radiación emitida por un láser se puede definir como una amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación, los láser son capaces de emitir radiación desde la región ultravioleta hasta la región de infrarrojos lejanos, dependiendo del tipo de láser y la actividad para la cual fue diseñado (Velasco, 2004). La ICNIRP (Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes), categoriza el láser según el riesgo y posibles efectos a la salud, el nivel del láser está representado por un número o una letra mayúscula numerada. Las clasificaciones láser son Clase 1, Clase 1M, Clase 2, Clase 2M, Clase 3R, Clase 3B y Clase 4 (Laser Institute of America, 2007).

El uso de fuentes emisoras de radiaciones entrañan riesgos derivados de la exposición a la radiación, lo cual actualmente es una realidad en numerosas ocupaciones industriales y médicas, ya que es habitual utilizar fuentes de radiación artificiales en la industria manufacturera y de servicios de salud, en instituciones de investigación y universidades y en el sector de la energía nuclear (Niu, 2011). Cuando se habla de exposición a radiaciones, el término “irradiación” es el más utilizado, este se refiere a la transferencia de energía de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos; lo que contribuye a definir que todo trabajador que es sometido a irradiación en el lugar de trabajo se le denomina “exposición ocupacional”, donde los riesgos asociados a estas exposiciones pueden llegar a afectar la salud de los trabajadores y deben evaluarse y de ser necesario, controlarse (OIEA, 2013).

Para evaluar la exposición ocupacional a radiaciones existen diferentes métodos y técnicas dependiendo de su naturaleza, en la actualidad investigadores de distintas entidades internacionales como la OIEA, ICPR, ICNIRP y *Laser Institute of America* que regulan a nivel internacional el uso de la radiaciones recomiendan por confiabilidad el uso de técnicas como la dosimetría termoluminiscente para evaluar rayos X, radiómetros o espectralradiómetros según la norma UNE-EN 60825-1 para evaluación de Radiación Ultravioleta artificial y el método incluido en la norma ANSI Z 136.1. -2014 con la Ley de Lambert para radiación láser difusa. En esta investigación se utilizaron tres métodos, para los rayos X se utilizó la dosimetría termoluminiscente que consiste esencialmente en un dispositivo pasivo con la incorporación de algunos medios de identificación; que contiene uno o más detectores que exhiben la propiedad de termoluminiscencia, un lector que se usa para calentar el detector después de medir la exposición a rayos X, la cual mide la luz emitida después del calentamiento a fin de determinar la dosis de radiación; la información se

procesa y con el uso de fórmulas definidas se hace la conversión de la luz emitida en dosis (BIS 1993). Otro método incorporado en la investigación es la radiometría, la cual es utilizada comúnmente para evaluar de forma práctica los riesgos asociados a la radiación ultravioleta, por su ancho de banda y detectores que imitan los espectros UV establecidos por ICNIRP. Estos medidores de seguridad, básicamente, consisten en un fotodetector con filtros espectrales y una unidad de lectura electrónica. Se calibran generalmente para leer directamente la irradiancia efectiva o exposición radiante UV. (ICNIPR, 2007). En la evaluación de las reflexiones difusas a los rayos láser el peligro se define con la irradiación o exposición radiante recibida por el trabajador, tomando en cuenta la ubicación del espectador. En la exposición del trabajador desde una superficie mate, la reflexión será principalmente difusa, esta exposición es conocida como la irradiancia reflejada o exposición radiante para una reflexión difusa. La irradiancia reflejada y la exposición radiante para una reflexión difusa es medida por medio de la Ley de Lambert (*Laser Institute of America*, 2007).

Un programa de protección radiológica (PPR) está relacionado con todas las fases de una práctica, operación o con la vida útil de una instalación radiactiva, es decir, desde el diseño, pasando por el control de los procesos hasta el cierre. Un PPR tiene como objetivo principal reconocer el cumplimiento de las responsabilidades de la gerencia en la seguridad y protección radiológica mediante la adopción de estructuras de dirección, políticas, procedimientos y disposiciones organizativas, acordes con la naturaleza y el alcance de los riesgos; donde se abarcan elementos que contribuyen a la protección y la seguridad, clave para el desarrollo de la cultura de la seguridad (OIEA, 2004).

III. METODOLOGÍA

A. Tipo de estudio

El presente estudio tiene un enfoque aplicado, ya que su objeto es resolver de forma efectiva y fundamentada el problema detectado y se concentra los esfuerzos en la búsqueda de una propuesta de solución con decisiones acertadas, para lo cual es necesario recolectar, medir y/o evaluar datos referentes a diversas variables que puedan llegar a afectar una posible exposición de los trabajadores o influya en la elaboración del programa (Hernández Sampieri, 2007).

B. Población y muestra

La selección de la población muestra se define de forma distinta para los tres tipos de radiaciones, además se subdivide para la aplicación de las listas de verificación y mediciones de exposición. El Cuadro 1 se muestra la distribución de la población muestra de los objetos a evaluación.

Cuadro # 1. Tamaño de población y muestra del estudio.

Fuente	Lista de Verificación		Medición de Exposición	
	Población	Muestra	Población	Muestra
Rayos Láser	25 puestos	13	33 Trabajadores	13
Radiación UV	13 puestos	6	30 Trabajadores	6
Rayos X	3 puestos	3	27 Trabajadores	19

Fuente: Bonilla, 2014

En las evaluaciones a rayos láser, se tomó como muestra no probabilística 13 puestos de trabajo que al aplicar la encuesta higiénica se detectó que contaban con características diferentes entre ellos como potencia del equipo, diseño de puesto, tipo de equipo y excluyendo de la muestra los puestos que tuviesen características iguales como mismo

diseño de puesto, fuente emisora, piezas de fabricación, entre otros. De la misma forma, para la caracterización de la exposición se muestreo a los 13 trabajadores de los mismos 13 puestos que cuentan con las distintas variables de exposición.

La aplicación de la lista de verificación de rayos X se aplicó a la población completa que fueron 3 puestos de trabajo, a diferencia del método dosimétrico TLD utilizado para medir la exposición a rayos X donde se aplicó a una muestra de 19 trabajadores de 27 posibles, donde los trabajadores excluidos son trabajadores que realizan trabajos esporádicos (mayor a 1 mes entre cada exposición) o algún trabajador que realiza las mismas actividades que otro de los trabajadores muestreados, la dosimetría fue realizada durante 30 días a 8 horas días al total de la muestra, donde el método de laboratorio establece como mínimo 7 días de dosimetría termoluminiscente (BIS, 1993).

La lista de verificación de radiación UV se aplicó a una muestra 6 de una población de 13 puestos de trabajo donde existe exposición a fuentes ultravioleta, esta muestra no probabilística fue seleccionada por un análisis previo por medio de la encuesta higiénica donde se identificaron los puestos con diferencias marcadas en diseño de puesto y fuente emisora, con la finalidad de poder abarcar la mayor cantidad de variables posibles. En estos mismos 6 puestos preseleccionados se le realizaron las mediciones de exposición, donde se identificaron puntos críticos donde el trabajador se encuentra la mayor cantidad del tiempo de la jornada; y así realizar una medición cada hora durante dicha jornada laboral. El tamaño de muestra con representatividad de los datos la exposición no debe ser menor a 67 mediciones, distribuidas entre los puntos anteriormente seleccionados para cada puesto (**ver Cuadro 2**), este tamaño de muestra fue calculado para un nivel de confianza del 90%, un error muestral no mayor al 10% y una desviación estándar del 0.25, de acuerdo con lo recomendado en la literatura (Morales, 2012), utilizado la formula:

Figura 6. Fórmula de cálculo de tamaño de muestra con poblaciones de gran tamaño

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{e^2}$$

Fuente: Hernández Sampieri, 2007

para el particular del puesto de *Conveyor* por un tema de diseño del puesto solamente se realizaron 64 mediciones.

Cuadro 2. Distribución de muestras por puesto de Trabajo de Radiación UV

Puesto	# de Mediciones
Microscopio	72
3324	120
3312	72
SP's	112
3361	72
Conveyor	64

Fuente: Bonilla, 2014.

C. Fuentes de información

Fuentes primarias

Información de la empresa:

- Entrevistas al encargado de Salud Ocupacional, Ingenieros de Calidad, Ingenieros de Procesos y al departamento de Recursos Humanos.
- Revisión del Plan de Salud Ocupacional de Trimpot Electrónicas.

Libros, revistas y artículos técnicos de Seguridad Industrial consultados:

- Revista Seguridad y Medio Ambiente N°133 Editorial Mapfre 2014
- Revista Salud Ocupacional Hoy N°9 año 2011
- Libro MEDICINA LABORAL Y AMBIENTAL (2ª ED.). Joshep LaDou 1999.
- Proyecto de Graduación Diseño de un Manual de Gestión Integral de riesgos laborales y ambientales en la operación de grúas móviles autopropulsadas en la empresa Grúas Quirós S.R.L" Ing. Diana Chávez C. 2014

Estándares y Normas de referencia

- Decreto N°24037-S "Reglamento sobre Protección C ontra Radiaciones Ionizantes"
- ICNIPR, 2010. *Protection of workers against Ultraviolet Radiation. Health physics Society.*
- IAEA. *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Safety Standards. Interim Edition*, Austria, 2011.

- Norma ANSI Z 136.1 Medidas de Control y programas de seguridad para Rayos Láser.
- OIEA, 2004. Protección Radiológica Ocupacional, Austria 2004.
- Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT) de España: NTP 903. Radiaciones Ópticas artificiales: Criterio de Evaluación.
- Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT) de España: NTP 654, Láseres: Nueva Clasificación de Riesgo.
- Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT) de España: NTP 755, Radiaciones Ópticas.

Fuentes Externas

- Ministerio de Salud de Costa Rica.
- Comisión de Energía Atómica de Costa Rica.
- M.Sc. Erick Mora Ramírez, físico médico, profesor de la UCR en Medicina Nuclear y con experiencia en evaluación de radiaciones ionizantes.

Fuentes secundarias y terciarias

- Páginas web de las agencias gubernamentales ICRP, IAEA, OSHA, EPA, CDC y ACGIH.
- Página web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España.

D. Operacionalización de variables

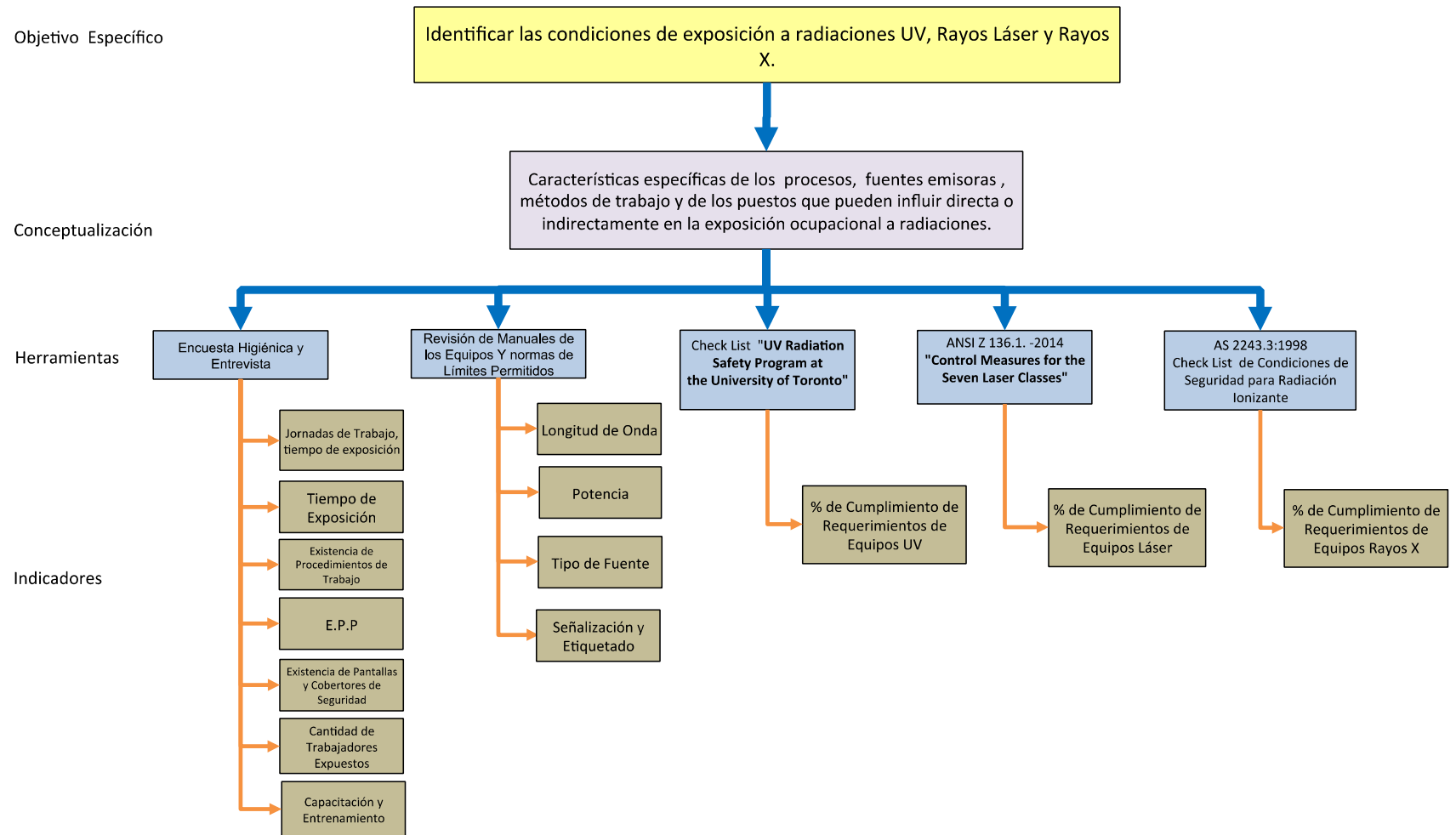
Objetivo 1. Identificar las condiciones de exposición a radiaciones UV, Rayos Láser y Rayos X.

Cuadro 3. Operacionalización de variable de objetivo 1

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos/ Herramientas/Método
Condiciones de Exposición	Características específicas de los trabajadores, procesos, fuentes emisoras y los puestos que pueden influir directa o indirectamente en la exposición ocupacional a radiaciones.	Cantidad de Trabajadores Expuestos	Encuesta Higiénica
		Distancia del trabajador a la fuente	
		Jornadas de trabajo y Tiempos de Exposición	Entrevistas a los Trabajadores Expuestos y Supervisores
		Uso de Equipos de Protección Personal	
		Existencia de Barreras o Cobertores de Seguridad	Revisión de Manuales de Equipos
		Existencia de Procedimientos de trabajo	
		Capacitación y Entrenamiento	Diagrama de Interrelaciones
		Señalización y etiquetado	
		Longitudes de Onda en nm	
		Potencia de Equipos	
		Tipo de Fuente	
		% de Cumplimiento de Requerimientos de Equipos UV	Lista de Verificación "UV Radiation Safety Program at the University of Toronto"
		% de Cumplimiento de Requerimientos de Equipos Láser	Lista de Verificación de Condiciones de Seguridad para Rayos Láser Según Norma ANSI Z 136.1. -2014 "Control Measures for the Seven Laser Classes"
		% de Cumplimiento de Requerimientos de Equipos Rayos X	Lista de Verificación de Condiciones de Seguridad para Radiación Ionizante Según "Australian Standard AS 2243.3:1998"

Fuente: Bonilla 2014

Figura 7. Esquema de Operacionalización de variable de objetivo #1



Fuente: Bonilla, 2014.

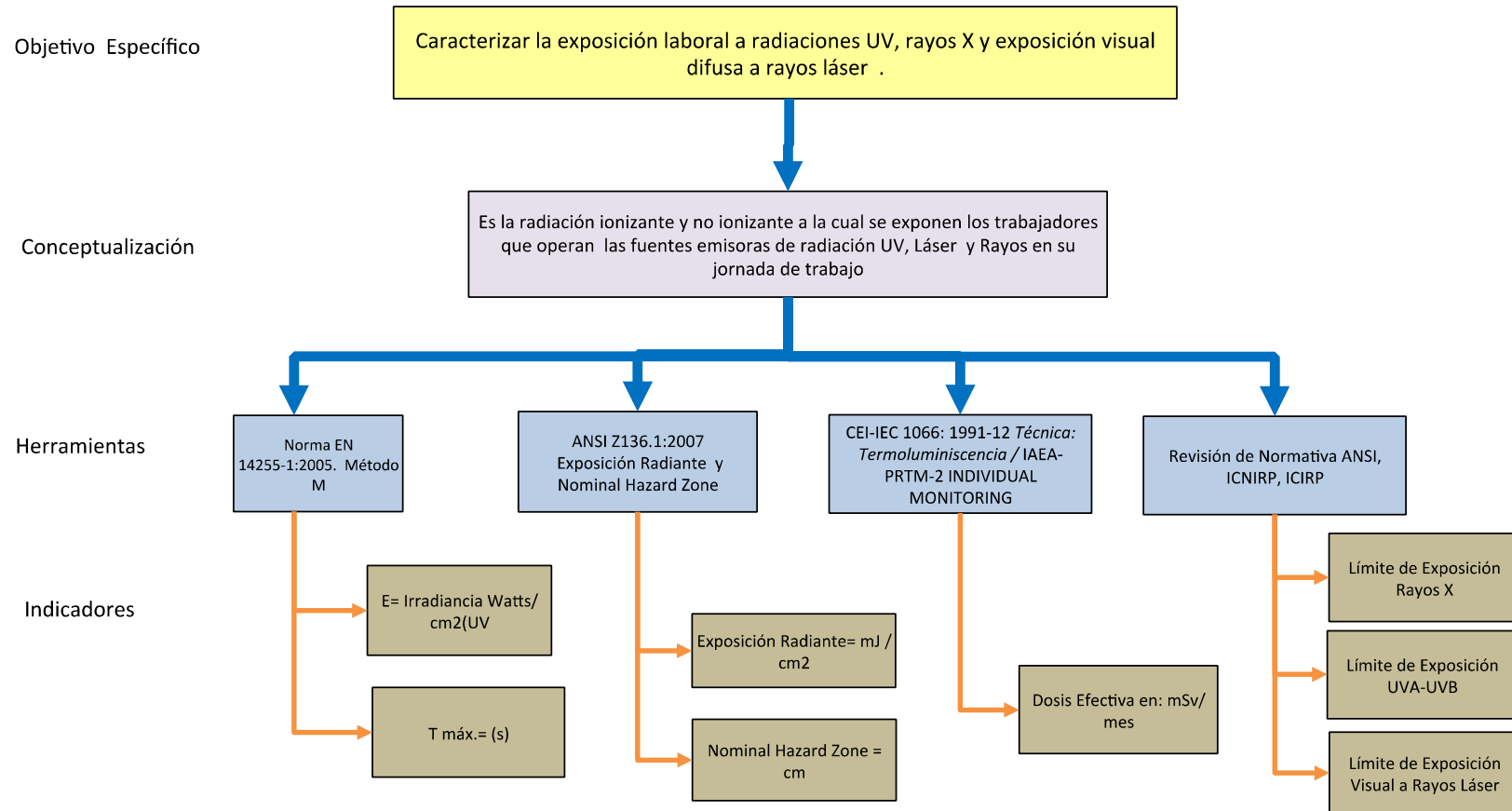
Objetivo 2. Caracterizar la exposición laboral a radiaciones UV, rayos X y exposición visual difusa a rayos Láser.

Cuadro 4. Operacionalización de variable de objetivo 2

Variable	Conceptualización	Indicadores	Método
Exposición Ocupacional a Radiaciones UV, Rayos X y exposición visual difusa a rayos Láser	Niveles de radiación ionizante y no ionizante a la cual se exponen los trabajadores que operan las fuentes emisoras de radiación UV, Láser y Rayos X.	E= Irradiancia Watts/cm ² (UV), Tmax= (s)	Método M / Norma EN 14255-1:2005.
		Exposición Radiante= mJ / cm ²	Ley de Lamber y Nominal Hazard Zone, ANSI Z136.1:2014
		Nominal Hazard Zone = cm	
		Dosis Efectiva en: mSv/año	Método de ensayo para dosimetría de cuerpo entero CEI-IEC 1066: 1991-12 <i>Técnica: Termoluminiscencia /</i> IAEA-PRTM-2 INDIVIDUAL MONITORING
		Límites de Exposición Ocupacional	Revisión de Normas (ANSI, ICNIPR, ICIPR)

Fuente: Bonilla, 2014

Figura 8. Esquema de Operacionalización de variable de objetivo #2



Fuente: Bonilla, 2014.

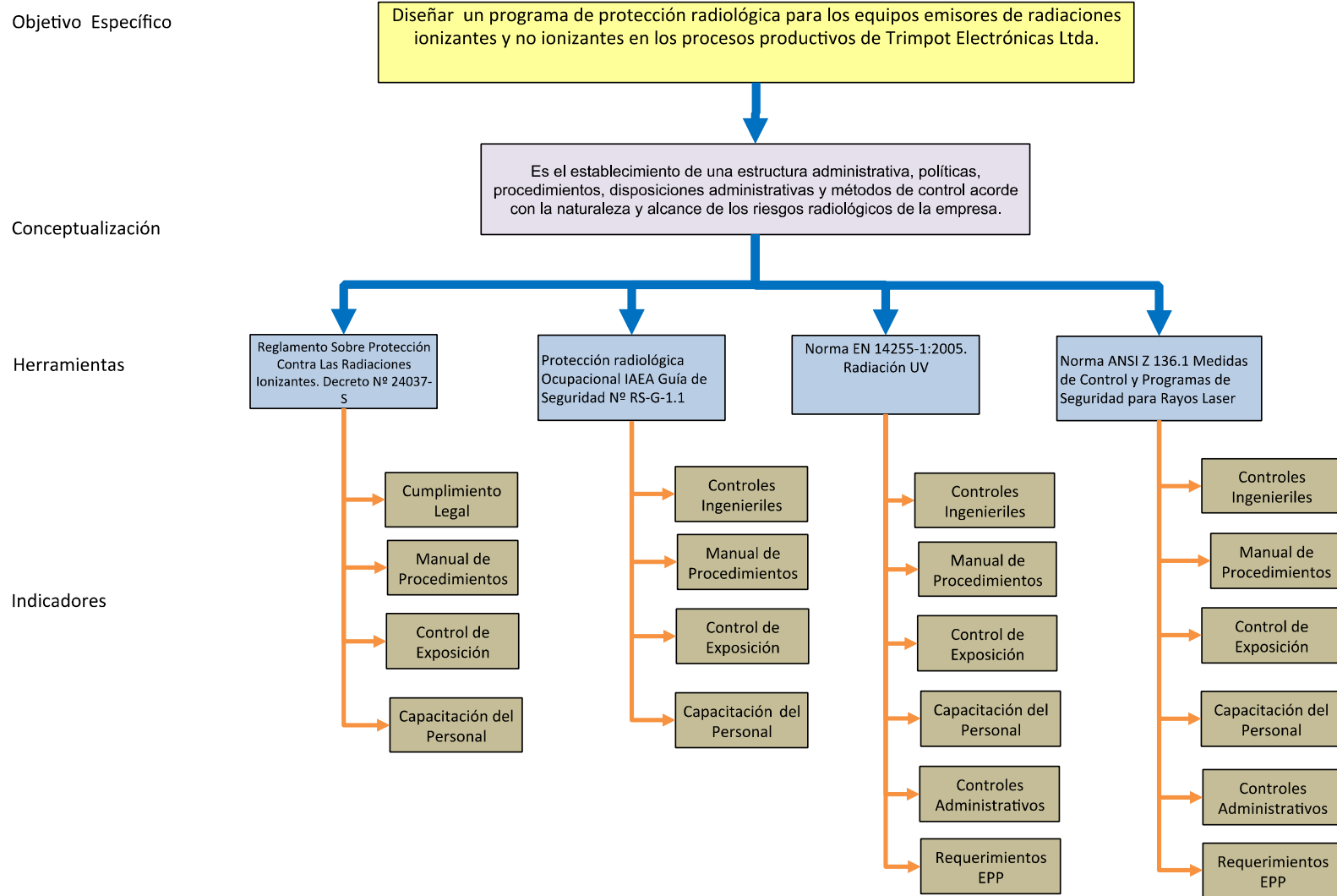
Objetivo 3. Diseñar un programa de protección radiológica para los equipos emisores de radiaciones ionizantes y no ionizantes en los procesos productivos de Trimpot Electrónicas Ltda.

Cuadro 5. Operacionalización de variable de objetivo 3

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos/ Herramientas
Programa de Protección Radiológica (PPR)	Es el establecimiento de una estructura administrativa, políticas, procedimientos, disposiciones administrativas y métodos de control acorde con la naturaleza y alcance de los riesgos radiológicos de la empresa.	Cumplimiento Legal	Reglamento Sobre Protección Contra Las Radiaciones Ionizantes. Decreto N° 24037-S
		Controles Ingenieriles	
		Controles Administrativos	Norma EN 14255-1:2005. Radiación UV
		Capacitación del Personal	
		Control de la Exposición	Norma ANSI Z 136.1 Medidas de Control y Programas de Seguridad para Rayos Laser
		Procedimientos de Trabajo	
		Requerimientos de EPP	Protección radiológica Ocupacional IAEA Guía de Seguridad N° RS-G-1.1

Fuente: Bonilla, 2014

Figura 9. Esquema de operacionalización de variable de objetivo #3



Fuente: Bonilla, 2014.

E. Descripción de las herramientas

E.1 Lista de verificación

Las listas de verificación utilizadas son instrumentos que contienen preguntas sobre cumplimiento o incumplimiento de aspectos o requisitos con respecto de la normas aplicables al tipo de radiación, que son previamente seleccionadas por el autor, con la finalidad de ser aplicadas en los diferentes puestos de trabajo o equipos a estudiar y así poder conocer de forma general o específica los distintos porcentajes de cumplimiento y así contribuir en tomar decisiones acertadas sobre los distintos temas. Las listas propuestas para el desarrollo de este estudio son de un formato simple, el cual consta de categorías donde se expone el criterio a evaluar, luego de tiene casillas aplicar el “Sí” cuando se cumple con el criterio de la norma, “NO” cuando no se cumple y “N/A”, utilizada cuando no aplica el criterio al elemento analizado.

El grado de incumplimiento se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de incumplimiento: } \frac{\sum_{i=1}^n (NO)_i}{T - \sum_{i=1}^n (NA)_i} \times 100$$

Donde:

(NO)_i: Son los ítems evaluados en forma negativa en la lista de verificación.

(NA)_i: Son los ítems no evaluados pues no aplican.

T: es el total e ítems que componen la lista.

Para el desarrollo del presente proyecto se realizan tres listas de verificación ya validadas por el autor y seleccionadas dependiendo del tipo de equipo emisor rayos X, radiación UV y rayos láser.

E.2 Lista de Verificación para Equipos Rayos Láser

Para este tipo de fuentes se utilizará la lista generada por la Norma ANSI Z 136.1. - 2014, de formato simple, *Control Measures for the Seven Laser Classes*, (**ver Anexo 1**). La lista consta de 33 líneas incluyendo dos apartados de tipo ingenieril y administrativo; cada línea tiene el apartado donde se expone el criterio a evaluar: cobertores, pantallas, llaves de seguridad, señalización, entre otros, los cuales fueron extraídos de la norma; luego de este,

un apartado para “Sí” cuando se cumple con el criterio de la norma, “NO” cuando no se cumple y “N/A”, utilizada cuando no aplica el criterio al elemento analizado.

Lista de Verificación para Equipos Rayos X

Para el caso de los equipos de rayos X, se utilizará una lista de verificación con el mismo formato descrito anteriormente y los ítems serán los requisitos obligatorios según el tipo de fuente de radiación y clasificación según el estándar Australiano Standard AS 2243.3:1998, ver **Anexo 2**. La lista consta de cincuenta y siete líneas, incluyendo tres distintos apartados, los cuales evalúan el cumplimiento de criterios generales, ingenieriles y administrativos respecto a la seguridad de los equipos existentes.

Lista de Verificación para Equipos Radiación UV

Esta check list utiliza el mismo formato de las anteriores; se utiliza la lista de verificación UV Radiation Safety Program at the University of Toronto, con un formato simple, ver **Anexo 3**. La lista consta de trece líneas que valoran temas de equipo de protección personal, señalización, enclavamientos, entrenamiento del personal y protecciones en la fuente.

Encuesta Higiénica

Esta herramienta se utiliza para la recopilación de información sobre la posible exposición generada por las fuentes de radiaciones y además de información referente al puesto de trabajo y los equipos, para este estudio se elaboraron tres distintas encuestas en base a la revisión bibliográfica de cada una de las radiaciones en estudio, las encuestas incluyen temas que puedan intervenir directa o indirectamente en la exposición de los trabajadores a las radiaciones como por ejemplo número de trabajadores, jornada laboral, distancias de exposición, potencia, entre otras, dichas encuestas higiénicas se pueden observar en los **Apéndices 1, 2 y 3**. Las encuestas fueron validadas anteriormente a la aplicación en uno puestos de cada radiación, el mismo recomendado por el encargado de salud ocupacional de la empresa.

Dosimetría termoluminiscente (TLD)

El dosímetro para rayos X es de una técnica de termoluminiscencia, donde el dispositivo cuenta con una serie de cristales que pueden recibir radiación ionizante y absorberla, después del uso del dosímetro en laboratorio se llevan los cristales a una temperatura de 250°C donde emiten un diferencial de energía en forma de luz que es proporcional a la dosis absorbida. Esta técnica de dosímetros es la más utilizada por su fiabilidad en la dosimetría personal. En la empresa los dosímetros se colocarán a los trabajadores autorizados a utilizar los equipos de rayos X por un periodo no menor a 30 días naturales, los colaboradores deberán utilizarlos durante toda la jornada laboral a nivel de su pecho, pasados los 30 días naturales los dosímetros son enviados al proveedor del servicio el cual deberá realizar la técnica de Termoluminiscencia para conocer la dosis recibida en milisilvers por unidad de área (mS/cm^2) de cada uno de los trabajadores, en la investigación también se utilizó un dosímetro tipo anillo, el cual utilizará el trabajador en el dedo índice de la mano diestra y llevó el mismo proceso de los anteriores.

Método M, Norma UNE - EN 14255-1:2005/ Radiómetro UV light meter uva/b,- 850009 sper scientific.

El método de medición de exposición a radiación UV utilizado es el método M de la norma UNE- EN 14255-1, donde especifica el uso de un radiómetro como medición directa de irradiancia E (**ver Figura 10**) para la medición puntual de una fuente emisora, para este estudio se establecieron puntos de medición alrededor de la fuente con el criterio de ubicar estos puntos en las ubicaciones donde trabajador pasa mayormente su jornada laboral, en cada punto se realizó una serie de mediciones que dependían del número de muestra obtenido dividido entre el número de puntos seleccionados, el radiómetro utilizado brindo mediciones de tipo UVA/B con longitudes de onda desde 220-400nm en unidades de miliwatts por unidad de área (mW/cm^2) en el **Anexo 4** se puede encontrar el certificado de calibración del radiómetro.

Figura 10. Fórmula Irradiancia y Tiempo Máximo de Exposición a Radiación UV

$$E_{eff} = \sum E_{\lambda} S(\lambda) \Delta\lambda \quad [1]$$

where

E_{eff} = effective irradiance in $\mu\text{W cm}^{-2}$ or W m^{-2}

E_{λ} = spectral irradiance in $\mu\text{W cm}^{-2} \text{nm}^{-1}$ or $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$

$S(\lambda)$ = relative spectral effectiveness (unitless) - See Appendix F

$\Delta\lambda$ = bandwidth in nanometers of the calculation or measurement intervals

If the irradiance level is constant, the permissible exposure duration, t_{max} , in seconds, to the spectrally weighted UVR is calculated by:

$$t_{max} (s) = (10\,000 \text{ J m}^{-2}) / E_{uva} (\text{W m}^{-2}) \quad [4]$$

NOTE: It is of interest that ACGIH applies the UVA limit expressed as a total radiant exposure only up to 1000 s (16.7 min), and limits the total irradiance to 10 W m^{-2} (1 mW cm^{-2}) for periods greater than 1000 s. It follows that for continuous 8 h exposure, the radiant exposure limit of $10\,000 \text{ J m}^{-2}$ is equivalent to 10 W m^{-2} following the ACGIH guidelines and to 0.3 W m^{-2} following ICNIRP. The more conservative ICNIRP guideline reflects a concern for potential photochemical effects in the lens for lengthy exposures while the ACGIH guideline was primarily set to preclude thermal effects.

Fuente: Norma EN 14255-1:2005

Norma ANSI Z136.1:2007. Método Exposición Radiante y Nominal Hazard Zone

Para la estimación de la exposición difusa a rayos láser de los trabajadores a nivel visual se utilizó la norma ANSI la cual brinda como método la Ley de Lambert (ver **Figura 11**) para conocer la irradiación o exposición radiante para una reflexión difusa, este método será aplicado a los puntos más críticos de cada uno de los puesto asignados, la cual es comparada con un MLE brindado por la norma, además se calculara el Nominal Hazard Zone (NHZ) (ver **Figura 12**) para reflexión difusa con la finalidad de conocer la distancia segura recomendada para cada tipo de láser y conocer así si el trabajador se encuentra en área de peligro.

Figura 11. Fórmula de Exposición Radiante Difusa "Ley de Lambert"

$$H = \frac{\rho_{\lambda} Q \cos \theta_v}{\pi r_1^2}$$

Fuente: ANSI Z136.1:2007

Figura 12. Fórmula Nominal Hazard Zone (NHZ)

$$r_{\text{NHZ}} = \sqrt{\frac{\rho_{\lambda} \Phi \cos \theta_v}{\pi \text{MPE}}}$$

Fuente: ANSI Z136.1:2007

Normas, Manuales, Reglamentos de Programas de Protección Radiológica

Estas normas, manuales y/o reglamentos son herramientas que brindan los parámetros mínimos para un programa de protección radiológica que gestione y controle las fuentes emisoras de radiaciones de una forma adecuada, cada una de estas normas o reglamentos contempla los distintos requerimientos a nivel de operación de las distintas fuentes de radiación, estos requerimientos conllevan a generar distintos métodos de control, procedimientos, establecimiento de responsables, capacitación, controles ingenieriles y equipos de protección personal.

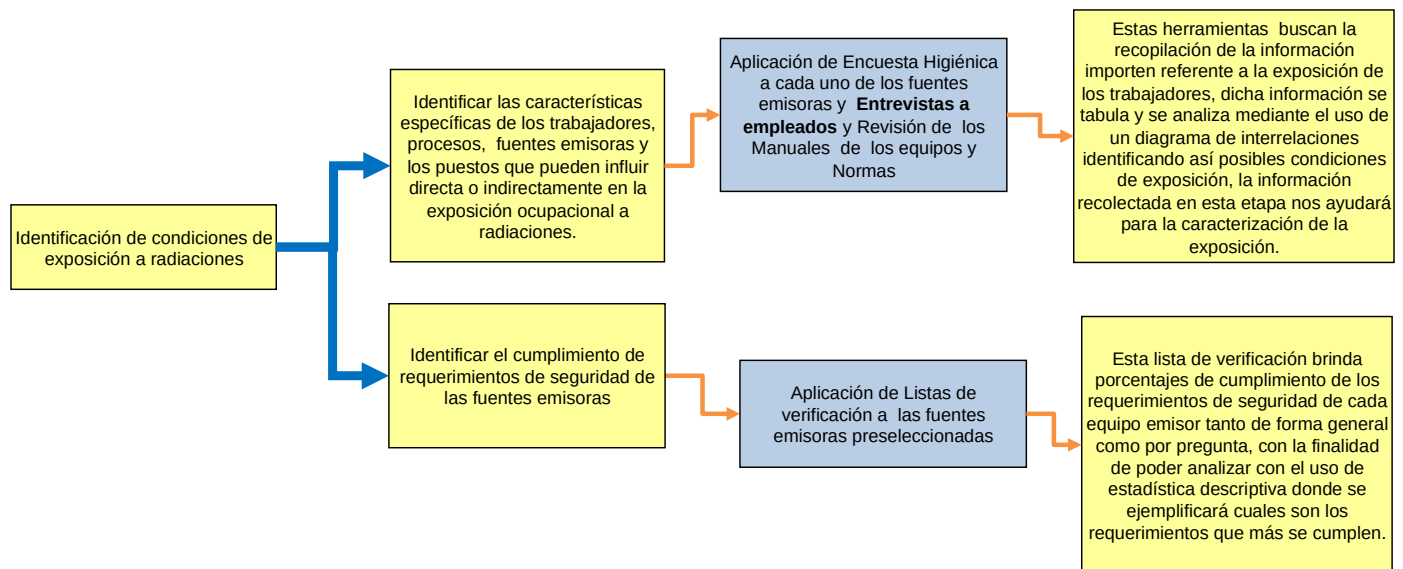
F. Plan de Análisis

Objetivo 1. Identificar las condiciones de exposición a radiaciones UV, Rayos Láser y Rayos X.

Este paso tuvo como finalidad el identificar las condiciones de exposición a radiaciones, inicialmente se realizó una revisión documental de las fichas técnicas de cada uno de los equipos emisores de radiaciones, esta revisión brindó información la cual fue tabulada en cuadros como por ejemplo, frecuencia, potencia, clasificación de riesgo, información

importante debido a que estas especificaciones ayudan a clasificar las distintas fuentes según el riesgo, paralelamente se aplicó la encuesta higiénica para cada uno de los puestos con la finalidad de recabar información más específica de los procesos y poder así generar la información necesaria para realizar un análisis mediante un diagrama de interrelaciones de las condiciones identificadas y por último se aplicó las Listas de Verificación para cada una de las fuentes para así conocer los estatus de cumplimiento a nivel ingenieril y administrativo del manejo de fuentes emisoras de radiaciones, para este análisis se tabuló la información en cuadros y se calcularon los porcentajes de cumplimiento por categoría, pregunta, puesto y de forma general, esta información se graficó para un mejor entendimiento.

Figura 13. Plan de Análisis de Identificación de condiciones de exposición objetivo 1.



Fuente: Bonilla, 2014.

Objetivo 2. Caracterizar la exposición laboral a radiaciones UV, rayos X y exposición visual difusa a rayos Láser.

Este paso tuvo como finalidad el conocer los niveles de exposición por medio de la aplicación de los tres distintos métodos:

1. Dosimetría de Termoluminiscencia para rayos X según lo establece CEI-IEC 1066: 1991-12 y la IAEA,

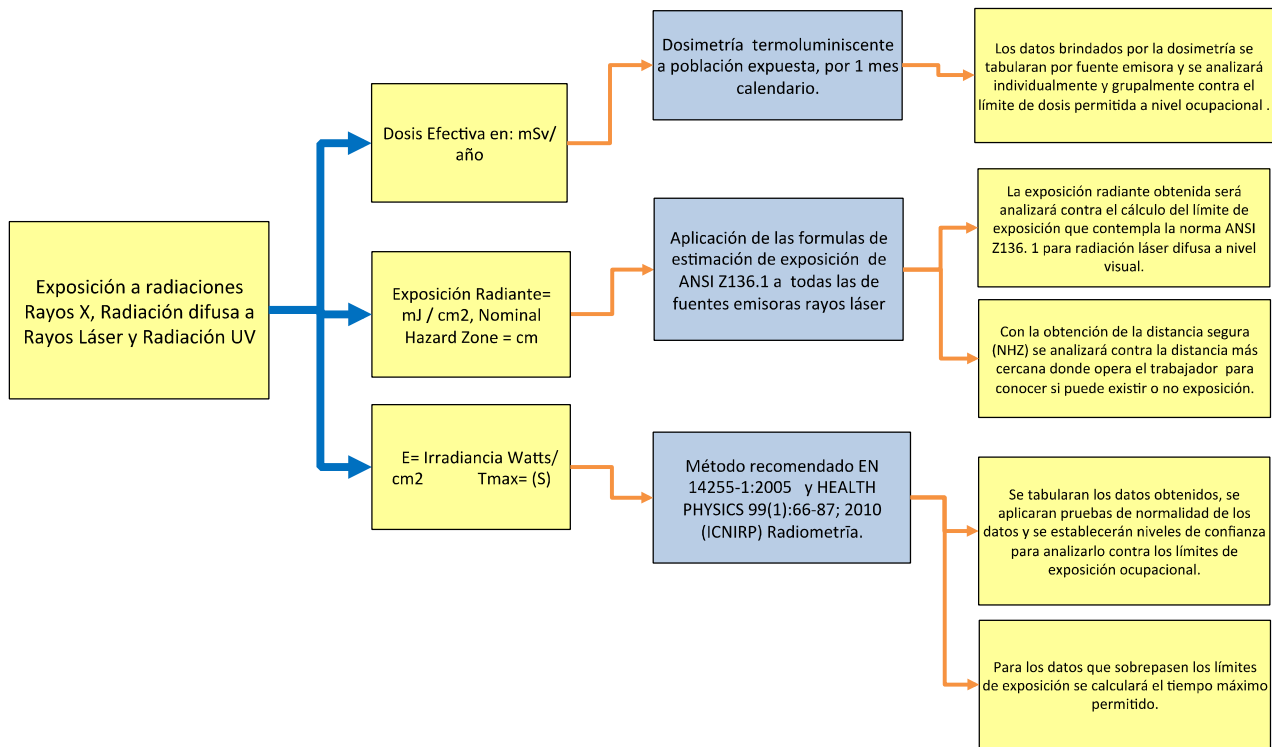
2. Medición Puntual en la Fuente de radiación ultravioleta, y aprobado según el método M del estándar Europeo Norma EN 14255-1:2005.
3. El cálculo de Exposición Radiante Difusa para Rayos Láser a nivel de ojos se realizó mediante la medición de distancias y ángulos de las posiciones de los trabajadores así como de la recapitulación de la información de la fuente y además se realizó un cálculo de las distancias seguras de trabajador NHZ, según lo establece la norma ANSI Z136.1.

Los datos obtenidos por la dosimetría brindados por el laboratorio fueron tabulados en cuadros y comparados contra los límites de dosis permisibles para rayos X, mediante esta comparación se analizó la posible exposición de trabajador.

Para la caracterización de exposición difusa a rayos láser se ilustró sobre evidencia fotográfica las variables para el cálculo de la exposición y de distancias de seguridad en cada uno de los puestos, los datos obtenidos se tabularon en cuadros y se graficaron para comparar con los límites permisibles calculados y así deducir si existe o no exposición.

En el caso de la radiación UV se tabularon en cuadros los datos obtenidos por el radiómetro a los cuales se les realizó una prueba de normalidad, el cálculo de la media de los datos y de los límites de confianza, estos datos se compararon mediante gráficos con los límites permisibles para tomar decisiones sobre la exposición de los trabajadores.

Figura 14. Plan de Análisis de caracterización de las exposiciones objetivo 2



Fuente: Bonilla, 2014.

IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A. Identificación de condiciones de exposición a rayos láser

Se enlistan las condiciones de exposición identificadas posterior a la aplicación de la encuesta higiénica, revisión de manuales y aplicación de listas de verificación:

- Cobertores de seguridad adecuados y en correcto uso
- Sistemas de seguridad instalados y en funcionamiento correcto
- Niveles de producción en los puestos de trabajo
- Duración de la jornada laboral
- Cantidad de trabajadores expuestos
- Potencia en watts del equipo

- Procedimientos de trabajo seguro adecuados e implementados
- Mantenimiento y *setup* adecuado
- Entrenamiento y capacitación en seguridad
- Diseño adecuado del puesto
- Señalización y etiquetado de los riesgos
- Equipo de protección personal necesario
- Altura del trabajador con el puesto de trabajo
- Ángulo de visión del haz del rayo
- Distancia del trabajador al haz del rayo
- Categoría de riesgo de la fuente
- Longitud de onda de la fuente
- Tipo de láser

Las cuales dependiendo de sus magnitudes, diseños, cantidades, existencia y/o características, pueden influir de forma directa o indirecta en la exposición de los trabajadores a radiación difusa a rayos láser.

En el **Cuadro 6** se resumen condiciones de exposición que tiene que ver con las distintas características de las fuentes emisoras y pueden empezar observar diferencias entre las fuentes.

Cuadro 6. Características de condiciones de exposición de las fuentes de rayos láser

	Area	Puesto	Marca	Modelo	Clasificación	Potencia (watts)	Logitud de Onda	Tipo
1	Trimmer	SP 3224	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
2	Trimmer	SP 3214	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
3	Trimmer	SP 3361	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
4	Trimmer	SP FAMILIA	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
5	Networks	4400	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
6	Networks	4800	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
7	Networks	4100	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
8	Networks	4300	KEYENCE	ML-G9300	IV	80	10,6um	CO2
9	Trimmer	SP 3362	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
10	Trimmer	SP 3362	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
11	Trimmer	SP 3399	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
12	Trimmer	SP 3386	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
13	Trimmer	SP 3396	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
14	Trimmer	3323	KEYENCE	ML-G9300	IV	40	9-11um	CO2
15	Networks	4800	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
16	Power Resistor	Power Resistor	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
17	Power Resistor	Power Resistor	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
18	Trimmer	Sentado 3386	Video Jet	3320	IV	40	9-11um	CO2
19		De pie 3386						
20	GDT	5 Pines	Markem	Smartlaser 110	IV	50	9,2-10,8um	CO2
21	GDT	5 Pines	Markem	Smartlaser 110	IV	50	9,2-10,8um	CO2
22	Thick Film	Láser Scribe	Covergent Energy	GEMINI	IV	150	10,4-11,2um	CO2
23	Thick Film	Láser Scribe	ESI	4210	IV	10	10,64um	Nd:YAG
24	Thick Film	Láser Scribe	ESI	4210	IV	10	10,64um	Nd:YAG
25	Thick Film	Láser Scribe	Chicago Láser System	CLS -37	IV	100	10,64um	Nd:YAG
26	Thick Film	Láser Scribe	Chicago Láser System	CLS -37	IV	100	10,64um	Nd:YAG

Fuente: Bonilla, 2015.

Es de rescatar que la empresa actualmente cuenta con 26 equipos emisores de rayos láser de 6 marcas distintas, todos de una categoría de riesgo nivel IV la más alta en su clasificación, con potencias que van desde 10 watts a los 150 watts, en su mayoría láser de CO2 con longitudes de onda de 10,6 nanómetros, a los cuales se exponen diariamente 33 trabajadores que no cuentan con capacitación ni entrenamiento, ya que la empresa no cuenta con procedimientos de trabajo seguros, en la mayoría de sus equipos. Se detectaron en departamentos algunas medidas de seguridad básicas, como la inclusión de apartados de seguridad en sus procedimientos de trabajo, equipos de protección personal, cobertores de seguridad no aprobados y personal asignado para el mantenimiento. En el **Cuadro 7**, se puede observar la información de las condiciones de exposición más relacionadas con diferentes características de los puestos y sus potenciales peligros.

Cuadro 7.Características de condiciones de exposición de puestos de rayos láser

	Area	Puesto	Tiempo de Exposición (Min)	Jornada Laboral	Trabajadores Expuestos	Distancia (cm)	Angulo°	Procedimientos S.O	Capacitación S.O	EPP	Cobertor
1	Trimmer	SP 3224	40	1 y 2 Turno	3	53	38	NO	NO	NO	NO
2	Trimmer	SP 3214	0	1 Turno	2	N/A	N/A	NO	NO	NO	SI
3	Trimmer	SP 3361	120	1 y 2 Turno	2	59	45	NO	NO	NO	NO
4	Trimmer	SP FAMILIA	30	1 y 2 Turno	2	105	39	NO	NO	NO	NO
5	Networks	4400	240	1 Turno	1			NO	NO	NO	NO
6	Networks	4800	240		1			NO	NO	NO	NO
7	Networks	4100	240		1	49	45	NO	NO	NO	NO
8	Networks	4300	240		1			NO	NO	NO	NO
9	Trimmer	SP 3362	30	1 y 2 Turno	2			NO	NO	NO	SI
10	Trimmer	SP 3362	30		2	106	28	NO	NO	NO	SI
11	Trimmer	SP 3399	30		2			NO	NO	NO	SI
12	Trimmer	SP 3386	30		2			NO	NO	NO	SI
13	Trimmer	SP 3396	30		2	64	62	NO	NO	NO	SI
14	Trimmer	3323	60		1						
15	Networks	4800	360	1 Turno	1	108	55	NO	NO	NO	NO
16	Power Resistor	Power Resistor	360	1 Turno	1			NO	NO	NO	NO
17	Power Resistor	Power Resistor	360	1 Turno	1	60	32	NO	NO	NO	NO
18		Sentado 3386	180	1 Turno		65	55	NO	NO	NO	
19	Trimmer	De pie 3386	180		1	95	62	NO	NO	NO	SI
20	GDT	5 Pines	240	1 Turno		96	24	NO	NO	NO	NO
21	GDT	5 Pines	240	1 Turno	2	88	24	NO	NO	NO	NO
22	Thick Film	Láser Scribe	60	1 Turno	1	79	30	NO	NO	SI	SI
23	Thick Film	Láser Scribe	0	1 Turno		N/A	N/A	NO	NO	SI	SI
24	Thick Film	Láser Scribe	0	1 Turno		N/A	N/A	NO	NO	SI	SI
25	Thick Film	Láser Scribe	0	1 Turno	2	N/A	N/A	NO	NO	SI	SI
26	Thick Film	Láser Scribe	0	1 Turno		N/A	N/A	NO	NO	SI	SI

Fuente: Bonilla, 2015.

La lista de verificación fue aplicada a 6 equipos emisores de rayos láser distintos en 13 puestos de puestos de trabajo diferentes, obteniendo así resultados importantes tanto en cumplimientos generales como específicos, iniciando por la información referente al porcentaje de cumplimiento a nivel general con que cuenta Trimpot Electrónicas Ltda., a los requerimientos normativos de ANSI en su norma Z.136.1:2014 para los equipos emisores de rayos láser, donde un cumplimiento de 32% brinda un parámetro que existen bastantes oportunidades de mejora en los diferentes puestos de trabajo. Al observar este porcentaje de cumplimiento de los puestos de trabajo muestreados es posible generar una idea de donde se encuentra la empresa actualmente a nivel normativo y de la importancia de implementar mejoras a nivel de seguridad en los procesos donde se utilizan equipos emisores de rayos láser.

La Figura 15 presenta las dos categorías en que se subdivide de la lista de verificación de rayos láser, donde la empresa obtiene un 45% de cumplimiento de las medidas de control ingenieriles necesarias para los equipos y siendo la falta implementación de medidas de seguridad como el:

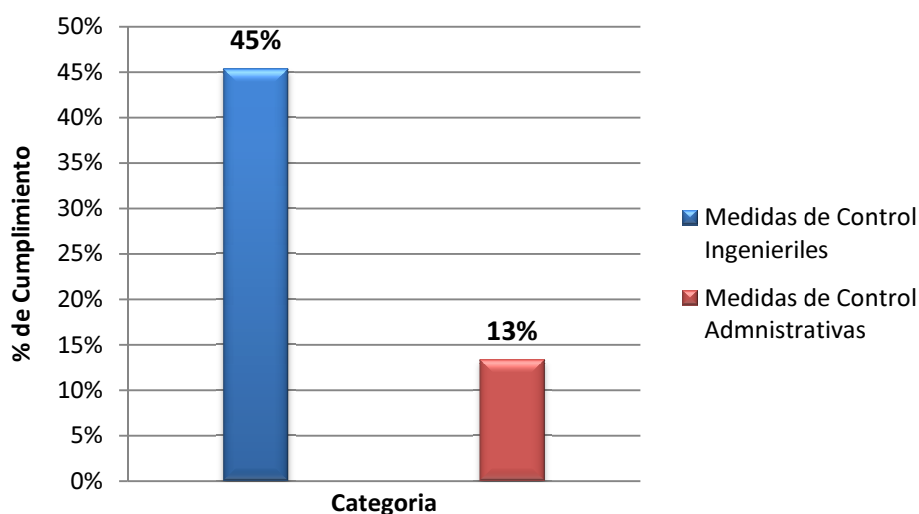
- Establecimiento de Distancias de Seguridad
- Control de Tiempos de Operación
- Control del área de Trabajo Seguro
- Existencia de Señales de Precaución y de Activación

Los aspectos con el menor porcentaje de cumplimiento de esta categoría debido al desconocimiento de los riesgos presentes y a la falta de asignación de recursos en su momento para la exploración de este tema. En el apartado de las medidas de control administrativas la empresa obtiene un cumplimiento del 13%, esto por no contar especialmente con la implementación de:

- procedimientos de trabajo seguros,
- control de exposición,
- control de espectadores,
- programa de entrenamiento y capacitación,
- personal autorizado,
- sistema de bloqueo y etiquetado.

Esto genera este porcentaje de cumplimiento bajo y es debido a la falta de conocimiento sobre los riesgos radiológicos presentes por parte de los encargados de seguridad y usuarios, así como la falta de un programa de protección radiológica que administre estos temas.

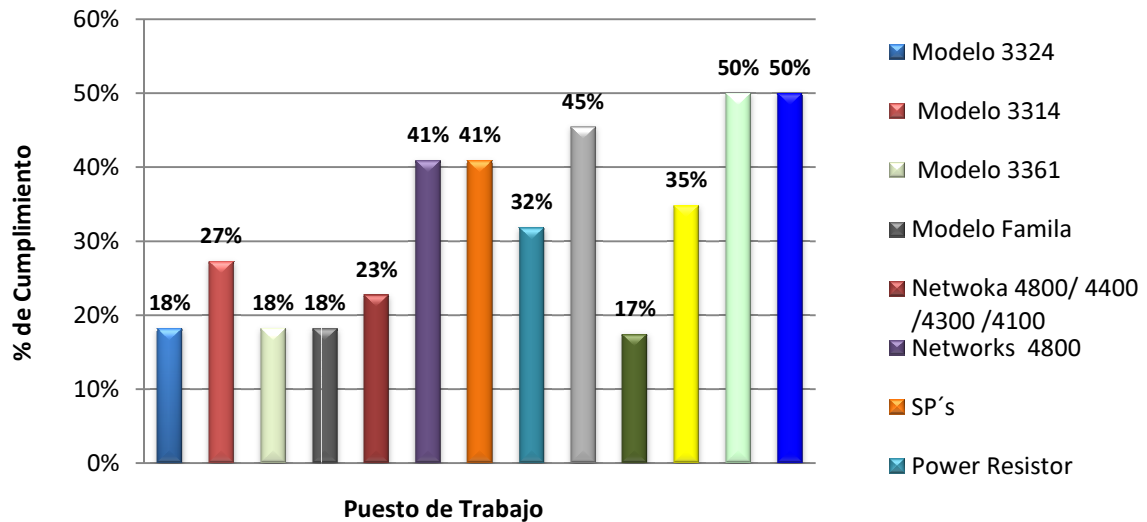
Figura 15. Porcentaje de cumplimiento por categoría de la lista de verificación rayos láser



Fuente: Bonilla, 2015.

La lista de verificación se aplicó a 13 distintos puestos de trabajo, obteniendo así resultados que diferentes como se observan en la **Figura 16** entre lo más destacable fue que los equipos ESI 37 y 4210 cuentan un cumplimiento del 50%, esto por ser equipos automatizados y con sus fuentes emisoras selladas de fábrica, además que su departamento cuenta con varios procedimientos de trabajo con algunos aspectos de seguridad, con equipos de protección personal, personal mecánico asignado y capacitado para los mantenimientos, esto a diferencia de los otros puestos de trabajo que no cuentan con ninguna medida de seguridad y sus fuentes son expuestas. Al no existir estas condiciones en los otros puestos los cumplimientos van desde un 45% en el modelo 3386, hasta en los casos más críticos al 17% en los modelos GDT, 3324, 3361 y familia, donde la falta de medidas ingenieriles básicas como son cobertores de seguridad, sistemas electrónicos y medidas administrativas como la falta de procedimientos seguros y capacitación para su uso o mantenimiento son los responsables del bajo cumplimiento.

Figura 16. Porcentaje de cumplimiento por equipo o puesto de trabajo de la lista de verificación rayos láser



Fuente: Bonilla, 2014.

Después de aplicar estas dos herramientas y conocer a más detalle las posibles condiciones de exposición a rayos láser, se utilizó para una mayor comprensión e iniciar la caracterización de la exposición un diagrama de interrelaciones con las condiciones de exposición.

En la **Figura 17**, se presentan las distintas condiciones de exposición y sus interrelaciones, donde la cantidad de entradas y salidas de cada una de las condiciones que ayudan a identificar la importancia de la condición y una posible priorización de intervención.

Para el caso en estudio las siguientes condiciones:

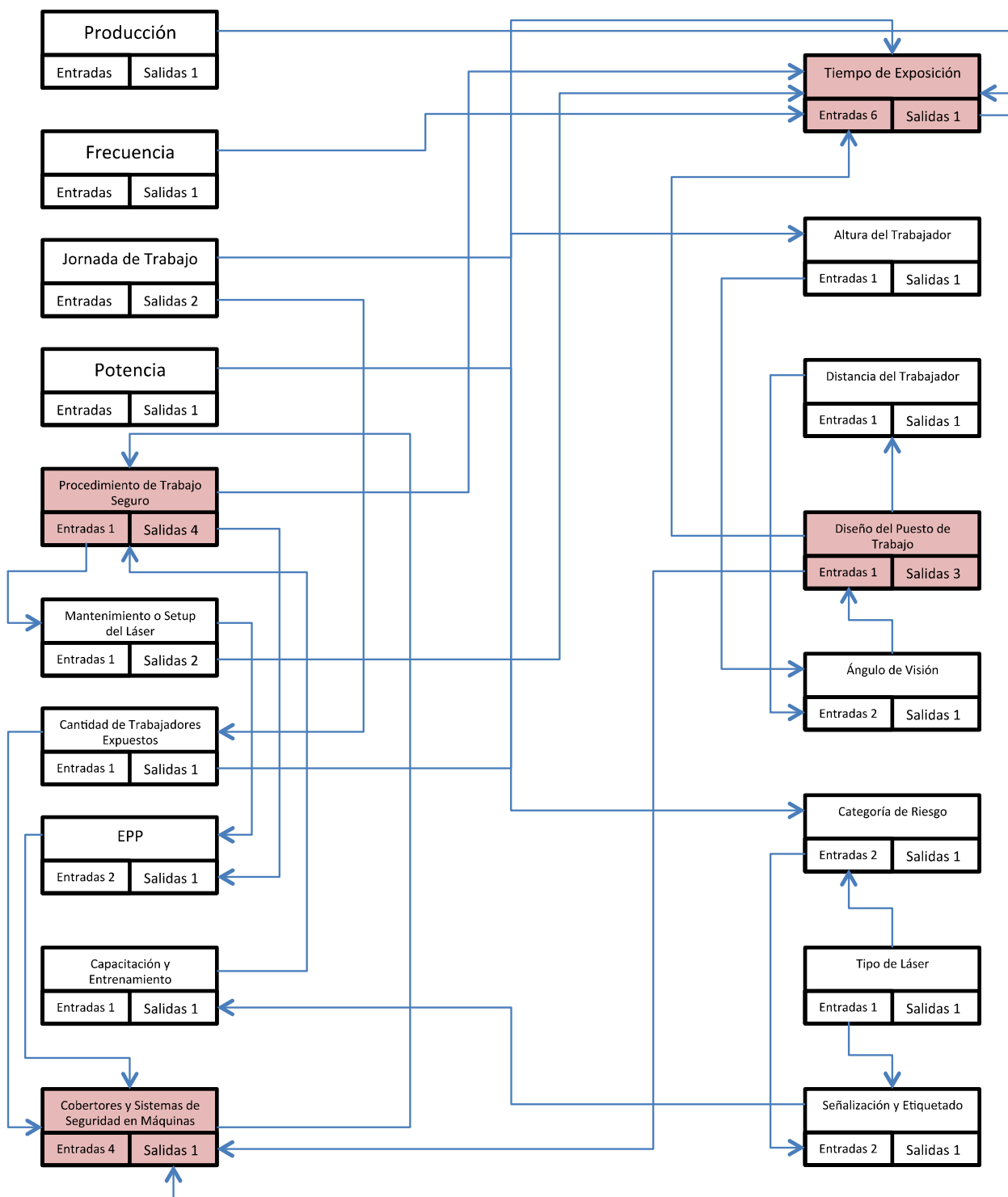
- el tiempo de exposición,
- existencia de cobertores de seguridad,
- existencia de sistemas de seguridad (enclavamientos, *interlocks*, atenuadores),
- un diseño de puesto de trabajo adecuado,
- la existencia y aplicación de procedimientos seguros.

Cuentan con la mayor cantidad de interrelaciones tanto entradas como salidas, donde esto hace que representen una mayor importancia en la búsqueda de medidas de control en caso de que no se cumplan con las condiciones adecuadas de seguridad.

El tiempo de exposición a los rayos láser es la condición con mayor importancia identificada debido a que las demás condiciones influyen de forma directa o indirecta, como por ejemplo: si la cantidad de producción varía el tiempo en el que trabajador opere el equipo que aumenta o disminuye; por consiguiente cambia la exposición; además de condiciones de exposición como el diseño del puesto de trabajo, la cantidad de trabajadores, el uso de resguardo o sistemas de seguridad y la existencia de procedimientos de trabajo seguro, son variables que influyen en los tiempos de exposición, por lo que un control efectivo sobre estas condiciones contribuye a la disminución del tiempo de exposición de los trabajadores.

La existencia de cobertores de seguridad y enclavamientos bien diseñados, pueden llegar a generar niveles de seguridad donde el tiempo de exposición del trabajador no influye en la exposición debido a que las reflexiones láser van a ser confinadas por el cobertor y así el trabajador bajo ciertas condiciones de seguridad podrá laborar el tiempo más prolongados sin afectar su salud.

Figura 17. Diagrama de interrelaciones de condiciones de exposición a rayos láser



Fuente: Bonilla, 2014.

B. Caracterización de la exposición visual a rayos láser

Con la finalidad de realizar una caracterización cuantitativa de la exposición visual de los trabajadores a la radiación difusa generada por los equipos emisores de rayos láser, se estimó la exposición radiante y la distancia segura del trabajador NHZ, las que se comparan contra los límites permitidos y la distancia del trabajador respectivamente.

El **Apéndice 4** ilustra mediante fotografías los tipos de puestos muestreados y en el **Cuadro 8** que se presenta a continuación se documentan los datos obtenidos de la aplicación de las fórmulas respectivas.

Cuadro 8. Estimación de la exposición radiante, NHZ y LEO para radiación visual difusa a rayos láser.

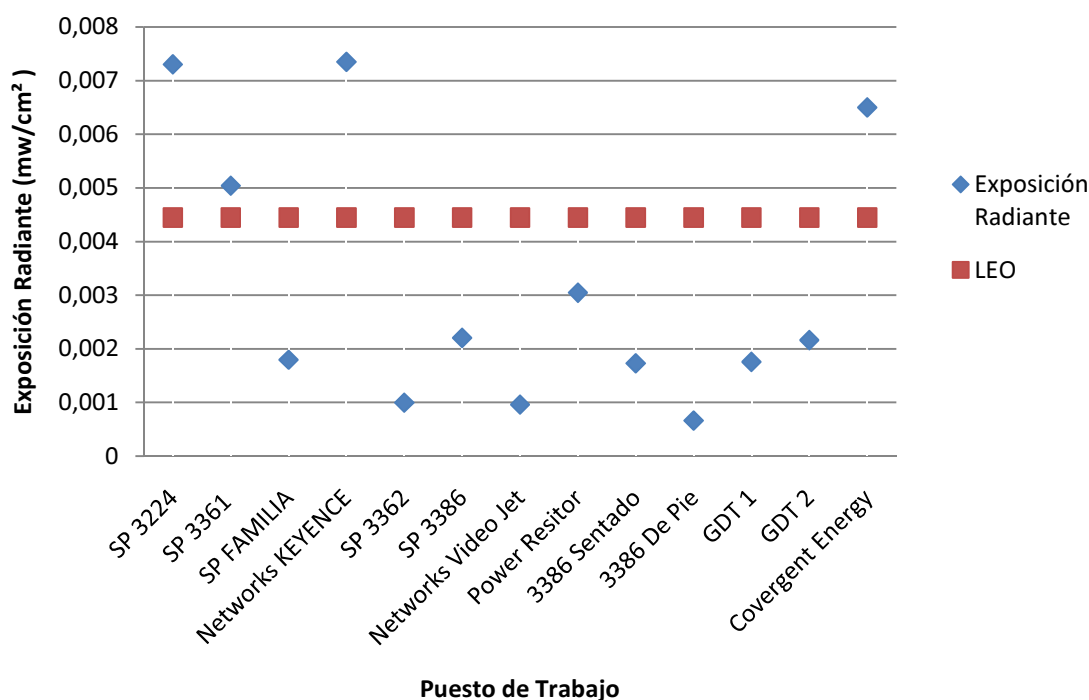
	Area	Puesto	Marca	Potencia (watts)	Angulo (°)	Exposición Radiante (mj/cm2)	LEO (mj/cm2)	Distancia (cm)	NHZ (cm)
1	Trimmer	SP 3224	KEYENCE	80	38	0,00730377	0,0044457	53	67
2	Trimmer	SP 3214	KEYENCE	80	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	Trimmer	SP 3361	KEYENCE	80	45	0,00503979	0,0044457	59	64
4	Trimmer	SP FAMILIA	KEYENCE	80	39	0,00179498	0,0044457	105	67
5	Networks	4400	KEYENCE	80					
6	Networks	4800	KEYENCE	80					
7	Networks	4100	KEYENCE	80	45	0,00734892	0,0044457	49	64
8	Networks	4300	KEYENCE	80					
9	Trimmer	SP 3362	Video Jet	40					
10	Trimmer	SP 3362	Video Jet	40	28	0,0009949		106	50
11	Trimmer	SP 3399	Video Jet	40			0,0044457		
12	Trimmer	SP 3386	Video Jet	40	62	0,00220325		64	37
13	Trimmer	SP 3396	Video Jet	40					
14	Networks	4800	Video Jet	40	55	0,00096049	0,0044457	108	41
15	Power Resistor	Power Resistor	Video Jet	40			0,0044457		
16	Power Resistor	Power Resistor	Video Jet	40	32	0,00304588	0,0044457	60	49
17		Sentado 3386			55	0,00172829		65	41
18	Trimmer	De pie 3386	Video Jet	40	62	0,00066232	0,0044457	95	37
19	GDT	5 Pines	Markem	50	24	0,00175577	0,0044457	96	57
20	GDT	5 Pines	Markem	50	24	0,00216233	0,0044457	88	
21	Thick Film	Láser Scribe	Covergent Energy	150	30	0,00649932	0,0044457	79	96

Fuente: Bonilla, 2014.

Al revisar los datos obtenidos en la **Figura 18**, y según la información suministrada por la **Cuadro 8**, cuatro de los trece datos obtenidos sobre la exposición radiante sobrepasan el límite de exposición ocupacional (LEO), de estas cuatro exposiciones tres son derivadas de los equipos marca KEYENCE de 80 watts de potencia y una del *Convergent Energy* de 150 watts, mientras que las exposiciones de los trabajadores de los equipos *Video Jet* y *Markem*

no sobrepasan los límites permitidos. La diferencia más clara con que cuentan estos equipos que sobrepasan los límites ocupacionales son la potencia con que opera la que puede llegar a un máximo de 80 watts. Para el caso de la estimación del equipo marca KEYENCE del puesto de trabajo SP Familia, no se sobrepasa el LEO y se debe principalmente a la distancia de observación del trabajador de 105cm, que disminuye considerablemente la exposición del trabajador.

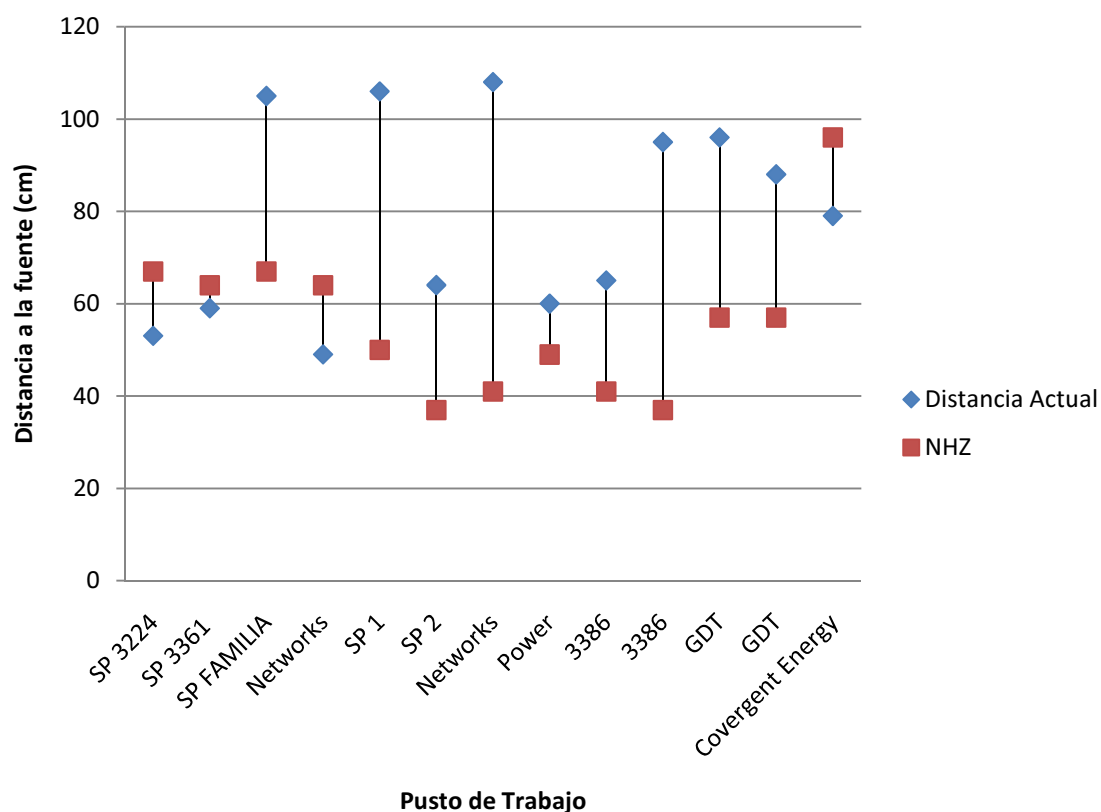
Figura 18. Estimación de la exposición radiante visual difusa a rayos láser



Fuente: Bonilla, 2014.

La *Nominal Hazard Zone* (NHZ) es la zona o distancia de seguridad que un trabajador debe respetar para encontrarse a salvo de la emisión de radiación difusa de una fuente de rayos láser tipo IV, en la **Figura 19** se observa que las fuentes que sobrepasan el LEO tampoco cumplen con distancia de seguridad (NHZ); esto significa que distancias actuales de los trabajadores en su diseño de puesto de trabajo podría generar una sobreexposición de los trabajadores a este tipo de radiaciones.

Figura 19. Estimación de *Nominal Hazard Zone* (NHZ) para radiación difusa visual a rayos láser



Fuente: Bonilla, 2014.

C. Identificación de condiciones de exposición a radiación ultravioleta

La identificación de las siguientes condiciones de exposición para la radiación ultravioleta se da mediante la aplicación de herramientas como la encuesta higiénica, revisión de manuales de los equipos y listas de verificación:

- Cobertores de seguridad adecuados y en correcto uso.
- Sistemas de seguridad instalados y en funcionamiento correcto.
- Niveles de producción en los puestos de trabajo.
- Duración de la jornada laboral.
- Tiempo de exposición.

- Cantidad de trabajadores expuestos.
- Potencia en watts del equipo.
- Procedimientos de trabajo seguro adecuados e implementados.
- Mantenimiento y *setup* adecuado.
- Entrenamiento y Capacitación en seguridad.
- Diseño adecuado del puesto.
- Señalización y etiquetado de los riesgos.
- Equipo de protección personal necesario.
- Longitud de onda de la fuente.
- Tipo de fuente de luz.

Las que dependiendo de sus, diseños, existencia, cantidades, magnitudes y/o características, pueden llegar a influir de forma directa o indirecta en la exposición de los trabajadores a radiación ultravioleta.

En el **Cuadro 9** se reúnen las condiciones de exposición propias de las fuentes emisoras de radiación ultravioleta, de las cuales se deriva el potencial de riesgo de cada uno y brinda información importante para la posterior caracterización de la exposición.

Cuadro 9.Características de condiciones de exposición de las fuentes de radiación UV

	Área	Puesto	Marca	Modelo	Potencia (watts)	Tipo	Longitud de onda (nm)
1	Trimmer	SP 3224	Fusion UV	F300S	1800	Mercurio	200-400
2	Trimmer	SP 3214	Fusion UV	F300S	1800	Mercurio	200-400
3	Trimmer	3361	Fusion UV	F300S	1800	Mercurio	200-400
4	Trimmer	Conveyor	Fusion UV	F300S	1800	Mercurio	200-400
5	Trimmer	Microscopio	UNITROM	LED580	18	LED	
6	Trimmer	SP 86	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
7	Trimmer	SP 96	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
8	Trimmer	SP 99	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
9	Trimmer	SP Familia	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
10	Trimmer	SP 3362 # 1	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
11	Trimmer	SP 3362 # 2	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
12	Trimmer	SP 3224	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
12	Trimmer	SP 3214	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500
13	Trimmer	3361	EXFO	Omniculture	100	Fibra Optica	320-500

Fuente: Bonilla, 2015.

La empresa cuenta actualmente con 13 fuentes de luz emisoras de radiación ultravioleta de 3 marcas distintas y 3 tipos de tecnológicas diferentes de mercurio, LED y Fibra óptica, las cuales se utilizan para procedimientos diferentes, siendo la fuente de mercurio de la mayor potencia 1800 watts; por consiguiente, la de mayor riesgo potencial. Además de tener precauciones especiales para su mantenimiento por el manejo del bulbo de mercurio, las longitudes de onda se encuentran entre 200nm a 400nm donde se encuentran UV-A y UV-B, el **Cuadro 10** presenta la información referente a condiciones de exposición relacionadas con diferentes características de los puestos, a los cuales se exponen diariamente 30 trabajadores del área de *Trimmer* únicamente, los cuales no cuentan con capacitación ni de entrenamiento, tampoco se evidenció la existencia de procedimiento de trabajo seguros. En varios de los puestos se detectaron varias medidas de seguridad básicas, como la existencia de cobertores de seguridad y equipo de protección personal.

Cuadro 10. Características de condiciones de exposición de puestos de radiación UV

	Área	Puesto	Jornada Laboral	Cantidad de Trabajadores Expuesto	Procedimientos de Seguridad	Capacitación	EPP	Cobertor
1	Trimmer	SP 3224	I y II Turno	3	NO	NO	Si	Si
2	Trimmer	SP 3214	I Turno	2	NO	NO	Si	Si
3	Trimmer	3361	I y II Turno	3	NO	NO	Si	Si
4	Trimmer	Conveyor	I Turno	2	NO	NO	Si	Si
5	Trimmer	Microscopio	I Turno	2	NO	NO	NO	NO
6	Trimmer	SP 86	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
7	Trimmer	SP 96	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
8	Trimmer	SP 99	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
9	Trimmer	SP Familia	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
10	Trimmer	SP 3362 # 1	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
11	Trimmer	SP 3362 # 2	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
12	Trimmer	SP 3224	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
12	Trimmer	SP 3214	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si
13	Trimmer	3361	I y II Turno	2	NO	NO	NO	Si

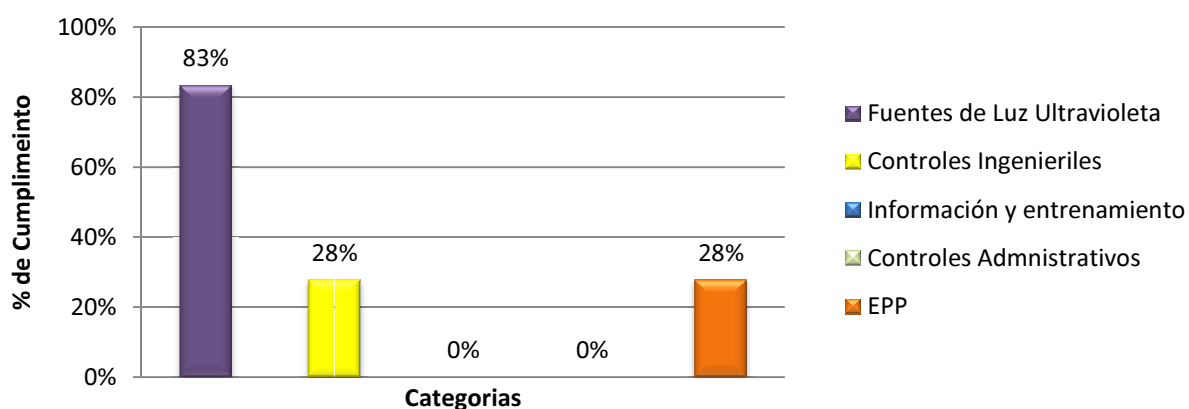
Fuente: Bonilla 2015

Con la finalidad de conocer el cumplimiento de los requerimientos solicitados por normativas internacionales en instalaciones donde se emita radiación ultravioleta, se aplicó en 6 puestos de trabajo diferentes la lista de verificación suministrada por la Universidad de Toronto Canadá "*Check List UV Radiation Safety Program*" (UTRPA, 2011). La aplicación de la lista brindó información sobre el porcentaje general de todos los requerimientos y se observa una gran brecha y oportunidad de mejora debido al cumplimiento de un 26%. Esta

situación se puede estar debiendo a un gran desconocimiento de los riesgos, a la falta de entrenamiento en aspectos técnicos y la no caracterización de las exposiciones a radiación ultravioleta en la empresa.

La lista de verificación de radiación ultravioleta cuenta con cinco categorías, donde los datos obtenidos ayudan a comprender en qué áreas la empresa cuenta mejores condiciones de seguridad y donde se debe invertir la mayor cantidad de recursos, en la **Figura 20** se observan las categorías y los distintos cumplimientos, donde es de resaltar que a nivel de información, entrenamiento y controles administrativos, no existe cumplimiento para ninguno de los puestos, siendo el área más deficiente; para la categoría de controles ingenieriles y de uso equipo de protección personal, el cumplimiento es de 28% y se puede evidenciar un cumplimiento relevante en el área de fuentes de luz ultravioleta con un 83%, donde en específico, se refiere a temas como la rotulación y etiquetado de las fuentes, tema que no es muy significativo para evitar posibles sobreexposiciones de los trabajadores.

Figura 20. Porcentaje de cumplimiento por categoría de la lista de verificación radiación ultravioleta

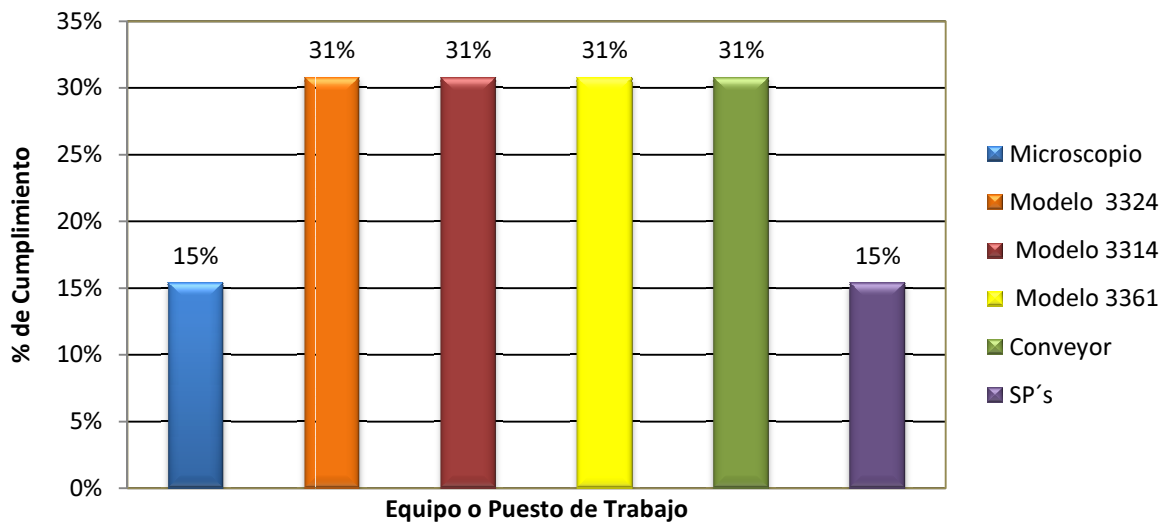


Fuente: Bonilla, 2015.

Al aplicar esta lista en los 6 puestos de trabajo con equipos emisores de radiación ultravioleta, se obtuvo resultados diferentes por puesto, en la **Figura 21** se puede observar que en puestos como el 3324, 3314, 3361 y *Conveyor* cuentan con los mismos cumplimientos de 31%, esto debido a que cuentan con los mismos tipos de fuentes emisoras y con las mismas características de instalación, para los casos del puesto Microscopio y las SP's se cuenta actualmente con mayores deficiencias ya que únicamente

se cumple con un 15% de los requisitos debido a la falta cobertores de seguridad, equipo de protección y procedimientos de seguridad.

Figura 21. Porcentaje de cumplimiento por puesto de trabajo de la lista de verificación de radiación UV.



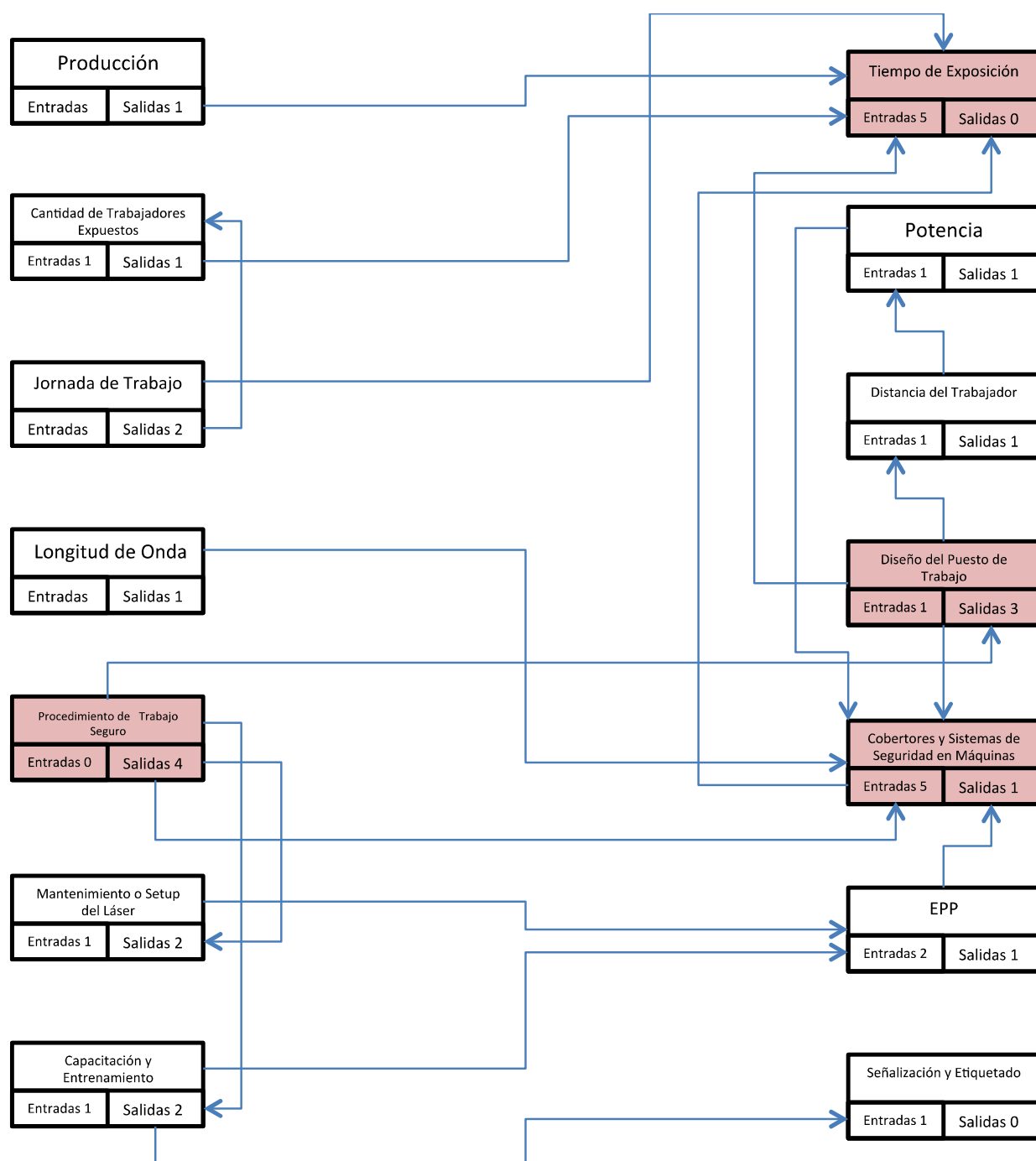
Fuente : Bonilla, 2015.

En diagrama de interrelaciones plantea las diferentes condiciones de exposición para una mayor comprensión e iniciar así con la caracterización de la exposición.

En la **Figura 22** el diagrama presenta las distintas condiciones de exposición y sus interrelaciones, donde la cantidad de entradas y salidas de cada una de las condiciones identifican la importancia de la condición y una posible priorización de intervención. Para el caso de la radiación ultravioleta las condiciones prioritarias son:

- el tiempo de exposición,
- existencia y eficiencia de cobertores de seguridad,
- existencia de sistemas de seguridad (enclavamientos, *interlocks*, atenuadores),
- un diseño de puesto de trabajo adecuado,
- la existencia y aplicación de procedimientos seguros.

Figura 22. Diagrama de interrelaciones de condiciones de exposición de radiación ultravioleta



Fuente: Bonilla, 2015.

El tiempo de exposición y los procedimientos de trabajo seguros son las condiciones de exposición a radiación ultravioleta más importante que se identificaron debido a su cantidad de interrelaciones, donde el tiempo de exposición es afectado de forma directa o indirecta por la mayoría de condiciones y la no existencia de procedimientos de trabajo seguros puede aumentar el riesgo de un accidente o sobreexposición del trabajador a la radiación ultravioleta. La existencia de cobertores de seguridad es una condición importante, también esto debido a que un diseño correcto y un manejo seguro de la fuente puede contribuir a disminuir o eliminar la salida de la radiación durante la jornada y no afectar el tiempo de exposición del trabajador.

D. Caracterización de la exposición a radiación ultravioleta

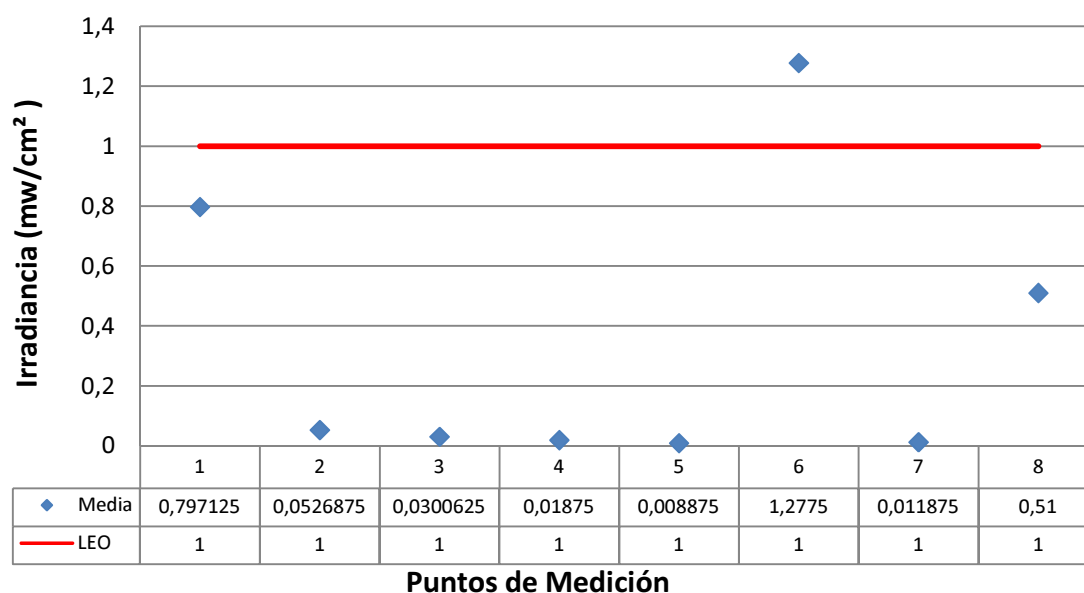
Para la evaluación de la exposición de los trabajadores a radiación ultravioleta se realizaron mediciones puntales durante toda una jornada laboral, en lapsos de 1 hora con la finalidad de estimar la irradiancia generada por la fuente emisora en cada punto, con esta irradiancia obtenida se comparó contra el LEO para períodos menores 16.7 minutos brindado por ICNIPR, de sobrepasar este límite se calculó el tiempo máximo recomendado para evitar que la exposición pueda ser dañina para el trabajador expuesto.

Cuadro 11.Datos de cálculo de irradiancia y tiempo permitido de radiación UV en el Modelo 3224.

Hora / Punto de Medición	1	2	3	4	5	6	7	8
6:00 am	0,812	0,052	0,033	0,022	0,008	1,34	0,01	0,511
7:00 am	0,715	0,058	0,028	0,014	0,011	1,14	0,009	0,5
8:00 am	0,798	0,055	0,028	0,024	0,01	1,16	0,011	0,498
9:00 am	0,811	0,051	0,03	0,013	0,009	1,36	0,012	0,514
10:00 am	0,805	0,059	0,031	0,017	0,008	1,24	0,013	0,505
11:00 am	0,788	0,054	0,029	0,022	0,007	1,26	0,01	0,498
12:00 am	0,799	0,049	0,028	0,02	0,008	1,31	0,009	0,522
1:00 pm	0,801	0,058	0,032	0,021	0,005	1,38	0,008	0,535
2:00 pm	0,809	0,051	0,03	0,019	0,014	1,36	0,009	0,509
3:00 pm	0,8	0,05	0,028	0,014	0,008	1,29	0,013	0,511
4:00 pm	0,805	0,043	0,026	0,016	0,01	1,24	0,016	0,513
5:00 pm	0,797	0,059	0,031	0,022	0,011	1,16	0,019	0,489
6:00 pm	0,79	0,058	0,033	0,019	0,009	1,36	0,018	0,534
7:00 pm	0,801	0,051	0,032	0,02	0,008	1,22	0,016	0,511
8:00 pm	0,812	0,048	0,029	0,023	0,007	1,29	0,009	0,507
9:00 pm	0,811	0,047	0,033	0,014	0,009	1,33	0,008	0,503
Sumatoria	12,754	0,843	0,481	0,3	0,142	20,44	0,19	8,16
Media (mw/cm ²)	0,7971	0,0527	0,0301	0,0188	0,0089	1,2775	0,0119	0,5100
Desviación Estandar Muestral	0,0231	0,0048	0,0022	0,0036	0,0021	0,0783	0,0036	0,0123
LS 95%	0,8085	0,0551	0,0311	0,0205	0,0099	1,3159	0,0136	0,5160
LI 95%	0,7858	0,0503	0,0290	0,0170	0,0079	1,2391	0,0101	0,5040
LEO (mw/cm ²)	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Tiempo Permitido (s)	1255	18980	33264	53333	112676	783	84211	1961
Tiempo Permitido (min)	20,91	316,33	554,40	888,89	1877,93	13,05	1403,51	32,68
Tiempo Permitido (horas)	0,35	5,27	9,24	14,81	31,30	0,22	23,39	0,54

Fuente: Bonilla, 2015.

Figura 23. Evaluación de la exposición a radiación ultravioleta en el Modelo 3224



Fuente: Bonilla, 2015.

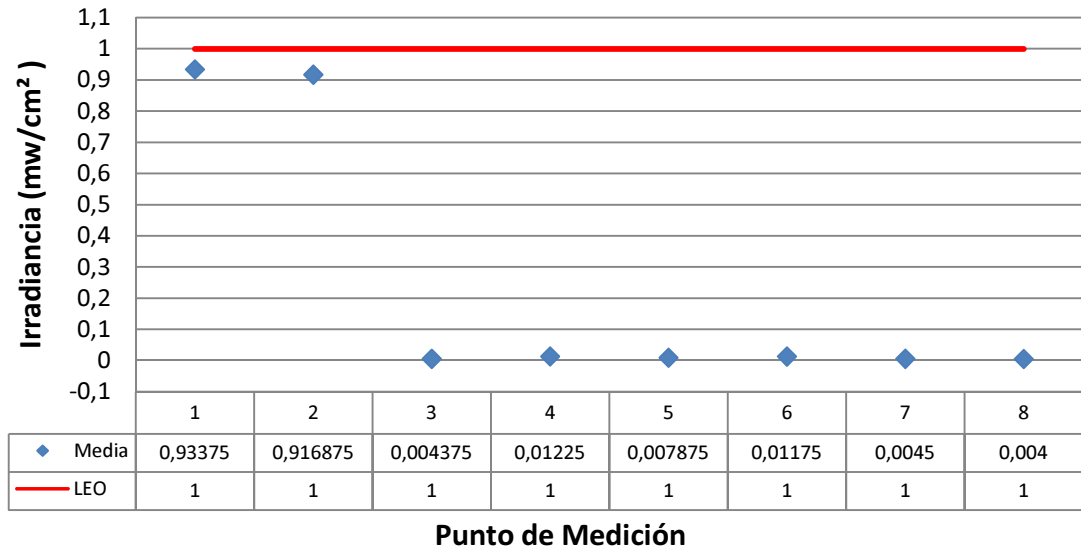
Se puede observar en la **Figura 23** que el punto de medición #6 sobrepasa el LEO de 1 mW/cm², en **Cuadro 11**. las magnitudes del punto de medición # 6 se generan debido a la existencia escape de radiación por mal diseño en el cobertor del equipo, donde el tiempo máximo de exposición en esa ubicación es de 13 minutos, lo que hace necesario tomar medidas de control y realizar mediciones concretas de tiempos de exposición acumulado del trabajador en el punto en cuestión con la finalidad de desestimar una exposición dañina del trabajador a radiación UV; este mismo cálculo debe realizarse para el punto 1 y 8, aunque la irradiancia no sobrepasa el LEO, los tiempos máximos son de 20 y 32 minutos respectivamente y actualmente puede un trabajador sobrepasarlos al no existir capacitaciones y procedimientos de trabajo seguros.

Cuadro 12.Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV en el Modelo 3214

Hora / Punto de Medición	1	2	3	4	5	6	7	8
6:00 am	0,87	0,893	0,003	0,014	0,01	0,014	0,003	0,004
7:00 am	1,052	0,937	0,005	0,011	0,007	0,007	0,005	0,003
8:00 am	0,958	0,898	0,003	0,012	0,008	0,013	0,005	0,004
9:00 am	0,891	0,927	0,004	0,011	0,008	0,01	0,004	0,005
10:00 am	0,879	0,902	0,006	0,013	0,009	0,011	0,004	0,003
11:00 am	0,918	0,913	0,005	0,01	0,006	0,014	0,006	0,005
12:00 am	1,013	0,957	0,004	0,013	0,008	0,013	0,005	0,004
1:00 pm	0,889	0,908	0,005	0,014	0,007	0,012	0,004	0,004
Sumatoria	7,47	7,335	0,035	0,098	0,063	0,094	0,036	0,032
Media (mw/cm ²)	0,93375	0,916875	0,004375	0,01225	0,007875	0,01175	0,0045	0,004
LS 95%	0,98060381	0,93205685	0,00511011	0,01328132	0,00873886	0,01339637	0,00514166	0,00452391
LI 95%	0,88689619	0,90169315	0,00363989	0,01121868	0,00701114	0,01010363	0,00385834	0,00347609
LEO(mw/cm ²)	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo Permitido (s)	1071	1091	228571	81633	126984	85106	222222	250000
Tiempo Permitido (min)	17,85	18,18	3809,52	1360,54	2116,40	1418,44	3703,70	4166,67
Tiempo Permitido (horas)	0,30	0,30	63,49	22,68	35,27	23,64	61,73	69,44

Fuente: Bonilla, 2014.

Figura 24. Estimación de la exposición a radiación UV en el Modelo 3214



Fuente: Bonilla, 2014.

Como se observa en el **Cuadro 12** y la **Figura 24** en el modelo 3214 ninguna de las magnitudes sobrepasa el LEO , aunque en los puntos de medición 1 y 2 especialmente se deberá evaluar el tiempo acumulado que pasa el trabajador en estos puntos durante la

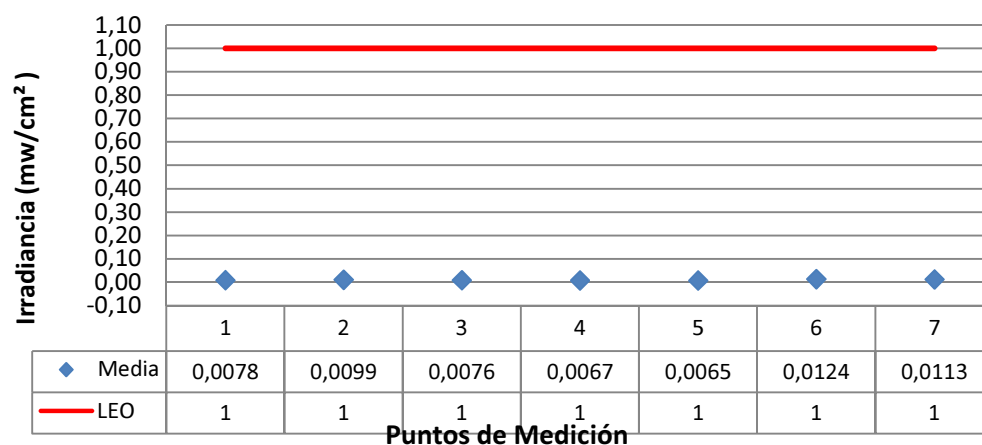
jornada, debido a la cercanía al límite de exposición y así poder desestimar posibles exposiciones dañinas para el trabajador, para los demás puntos de medición los datos obtenidos indican que en condiciones normales no existe un riesgo de exposición a la radiación ultravioleta.

Cuadro 13. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV de las máquinas SP's.

Hora / Punto de Medición	1	2	3	4	5	6	7
6:00 am	0,01	0,014	0,012	0,008	0,006	0,012	0,013
7:00 am	0,007	0,006	0,004	0,005	0,005	0,012	0,007
8:00 am	0,008	0,013	0,006	0,008	0,008	0,011	0,012
9:00 am	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,008	0,011
10:00 am	0,006	0,014	0,008	0,008	0,006	0,011	0,009
11:00 am	0,007	0,012	0,008	0,006	0,008	0,01	0,011
12:00 am	0,007	0,009	0,006	0,006	0,008	0,012	0,013
1:00 pm	0,006	0,011	0,008	0,007	0,007	0,016	0,015
2:00 pm	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006	0,018	0,011
3:00 pm	0,007	0,006	0,006	0,007	0,008	0,017	0,009
4:00 pm	0,007	0,008	0,009	0,008	0,005	0,011	0,01
5:00 pm	0,008	0,011	0,006	0,006	0,008	0,018	0,01
6:00 pm	0,009	0,015	0,008	0,005	0,006	0,014	0,011
7:00 pm	0,01	0,008	0,011	0,006	0,005	0,009	0,012
8:00 pm	0,009	0,007	0,009	0,006	0,005	0,009	0,015
9:00 pm	0,008	0,008	0,006	0,008	0,006	0,011	0,012
Sumatoria	0,125	0,158	0,122	0,107	0,104	0,199	0,181
Media (mw/cm ²)	0,0078	0,0099	0,0076	0,0067	0,0065	0,0124	0,0113
LS 95%	0,0084	0,0113	0,0086	0,0072	0,0071	0,0140	0,0124
LI 95%	0,0072	0,0084	0,0066	0,0062	0,0059	0,0109	0,0103
LEO (mw/cm ²)	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo Permitido (s)	128000	101266	131148	149533	153846	80402	88398
Tiempo Permitido (min)	2133,33	1687,76	2185,79	2492,21	2564,10	1340,03	1473,30
Tiempo Permitido (horas)	35,56	28,13	36,43	41,54	42,74	22,33	24,55

Fuente: Bonilla, 2015.

Figura 25. Estimación de la exposición a radiación UV en las máquinas SP's



Fuente: Bonilla, 2015.

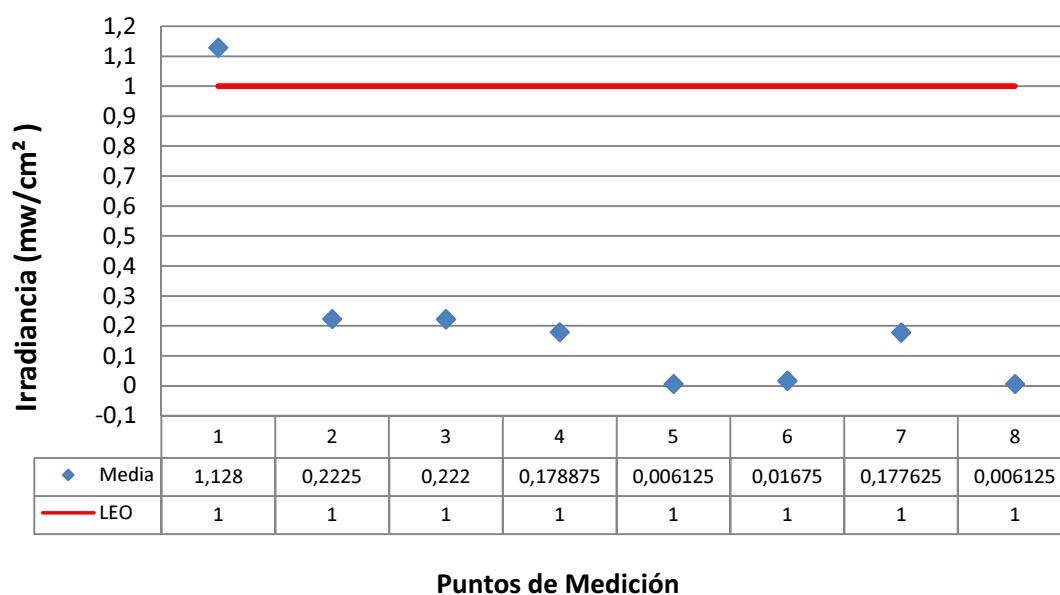
La **Figura 25** y el **Cuadro 13** indican que las máquinas SP's en los 7 puntos muestreados, señalan niveles bajos de exposición a radiación ultravioleta, estos niveles y las características del equipo hacen deducir que la fuente UV al utilizarse de forma correcta no brinda un aporte de radiación que pueda afectar al trabajador, tanto por no acercarse al LEO, así como al observar los tiempos de exposición calculados no superar 8 horas de una jornada laboral. Es de importancia destacar que las fuentes generadoras de radiación UV para los equipos son las fuentes ONMICURE de fibra óptica y se diferencia de las otras fuentes por ser un uso muy localizado a nivel de proceso y de baja potencia.

Cuadro 14. Datos de estimación irradiancia y tiempo permitido de radiación UV del Modelo 3361.

Hora / Punto de Medición	1	2	3	4	5	6	7	8
6:00 am	1,37	0,153	0,221	0,185	0,005	0,016	0,177	0,006
7:00 am	1,02	0,178	0,22	0,175	0,006	0,014	0,171	0,007
8:00 am	0,973	0,165	0,218	0,181	0,008	0,018	0,176	0,005
9:00 am	1,27	0,164	0,211	0,179	0,007	0,014	0,168	0,006
10:00 am	1,17	0,158	0,225	0,186	0,006	0,016	0,185	0,008
11:00 am	1,02	0,171	0,226	0,181	0,004	0,02	0,178	0,006
12:00 am	1,22	0,166	0,228	0,179	0,008	0,018	0,188	0,006
1:00 pm	0,981	0,625	0,227	0,165	0,005	0,018	0,178	0,005
Sumatoria	9,024	1,78	1,776	1,431	0,049	0,134	1,421	0,049
Media (mw/cm ²)	1,128	0,2225	0,222	0,178875	0,006125	0,01675	0,177625	0,006125
LS 95%	1,23209826	0,33533871	0,22595544	0,18344892	0,00713531	0,01822022	0,18217636	0,00681185
LI 95%	1,02390174	0,10966129	0,21804456	0,17430108	0,00511469	0,01527978	0,17307364	0,00543815
TLV (1mw/cm ²) ACGIH	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo Permitido (s)	887	4494	4505	5590	163265	59701	5630	163265
Tiempo Permitido (min)	14,78	74,91	75,08	93,17	2721,09	995,02	93,83	2721,09
Tiempo Permitido (horas)	0,25	1,25	1,25	1,55	45,35	16,58	1,56	45,35

Fuente: Bonilla, 2015.

Figura 26. Estimación de la exposición a Radiación UV en el Modelo 3361.



Fuente: Bonilla, 2015.

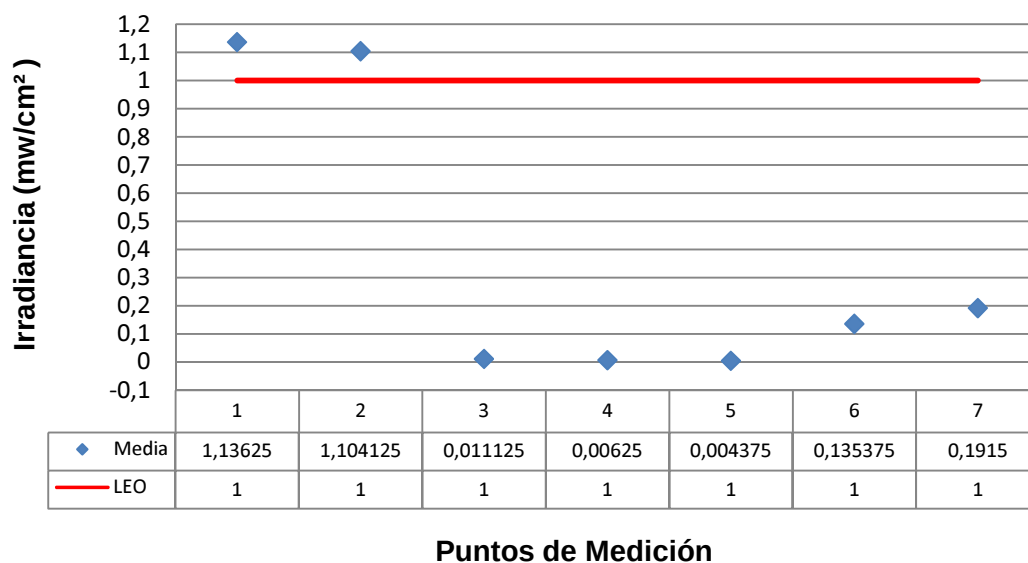
En el **Cuadro 14** y la **Figura 26** se observa que el punto de medición # 1 sobrepasa el LEO y el cálculo del tiempo máximo permitido es de 14 minutos, esto se da por el escape de radiación UV generado por deficiencias en el diseño del cobertor de seguridad y es necesario tomar medidas de control y en este punto el realizar mediciones de tiempo de exposición acumulado para comprar con los tiempos permitidos. Para los puntos 2, 3, 4 y 7 deberá controlarse los tiempos de exposición para evitar sobrepasar los tiempos máximos recomendados.

Cuadro 15.Datos y cálculos de irradiancia de la fuente de radiación UV del equipo Conveyor.

Hora / Punto de Medición	1	2	3	4	5	6	7
6:00 am	1,003	1,061	0,01	0,006	0,005	0,124	0,137
7:00 am	1,14	1,138	0,009	0,006	0,003	0,128	0,217
8:00 am	1,35	1,025	0,011	0,004	0,004	0,15	0,216
9:00 am	1,176	1,125	0,008	0,008	0,004	0,126	0,205
10:00 am	1,016	1,112	0,01	0,007	0,003	0,156	0,169
11:00 am	1,165	1,098	0,013	0,005	0,005	0,126	0,188
12:00 am	1,145	1,129	0,016	0,006	0,006	0,135	0,186
1:00 pm	1,095	1,145	0,012	0,008	0,005	0,138	0,214
Sumatoria	9,09	8,833	0,089	0,05	0,035	1,083	1,532
Media (mw/cm ²)	1,13625	1,104125	0,011125	0,00625	0,004375	0,135375	0,1915
LS 95%	1,21130999	1,13293163	0,01287981	0,00721249	0,00511011	0,14368306	0,21085283
LI 95%	1,06119001	1,07531837	0,00937019	0,00528751	0,00363989	0,12706694	0,17214717
TLV (1mw/cm ²) ACGIH	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo Permitido (s)	880	906	89888	160000	228571	7387	5222
Tiempo Permitido (min)	14,67	15,09	1498,13	2666,67	3809,52	123,11	87,03
Tiempo Permitido (horas)	0,24	0,25	24,97	44,44	63,49	2,05	1,45

Fuente: Bonilla 2014

Figura 27. Estimación de la exposición a radiación UV en el Equipo Conveyor



Fuente: Bonilla, 2014.

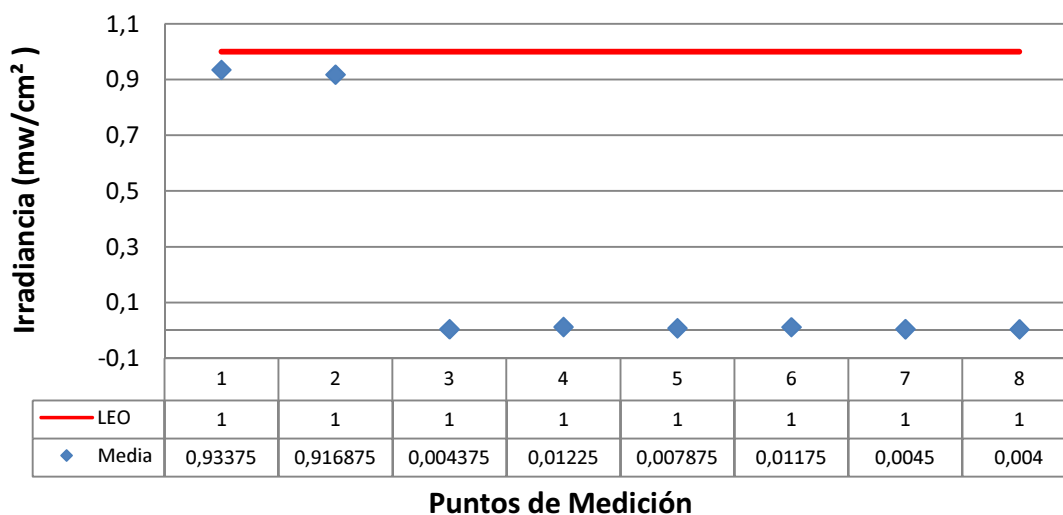
Al observar el **Cuadro 15** y **Figura 27**, los puntos muestreados en las salidas del Conveyor específicamente punto 1 y 2 sobrepasan el LEO y el cálculo del tiempo máximo permitido es de 14 y 15 minutos, con este tiempo máximo y el no cumplimiento del LEO, es importante el tomar medidas de control para evitar que los trabajadores sobrepasen los tiempos de exposición en el puntos en cuestión con la finalidad de desestimar una exposición dañina del trabajador a radiación ultravioleta.

Cuadro 16. Datos y cálculos de irradiancia de la fuente de radiación UV del microscopio

Hora / Punto de Medición	1	2	3	4	5	6	7	8
6:00 am	0,87	0,893	0,003	0,014	0,01	0,014	0,003	0,004
7:00 am	1,052	0,937	0,005	0,011	0,007	0,007	0,005	0,003
8:00 am	0,958	0,898	0,003	0,012	0,008	0,013	0,005	0,004
9:00 am	0,891	0,927	0,004	0,011	0,008	0,01	0,004	0,005
10:00 am	0,879	0,902	0,006	0,013	0,009	0,011	0,004	0,003
11:00 am	0,918	0,913	0,005	0,01	0,006	0,014	0,006	0,005
12:00 am	1,013	0,957	0,004	0,013	0,008	0,013	0,005	0,004
1:00 pm	0,889	0,908	0,005	0,014	0,007	0,012	0,004	0,004
Sumatoria	7,47	7,335	0,035	0,098	0,063	0,094	0,036	0,032
Media (mw/cm ²)	0,93375	0,916875	0,004375	0,01225	0,007875	0,01175	0,0045	0,004
Desviación Estandar Muestral	0,06760336	0,02190523	0,00106066	0,00148805	0,00124642	0,00237547	0,00092582	0,00075593
LS 95%	0,98060381	0,93205685	0,00511011	0,01328132	0,00873886	0,01339637	0,00514166	0,00452391
LI 95%	0,88689619	0,90169315	0,00363989	0,01121868	0,00701114	0,01010363	0,00385834	0,00347609
LEO (1mw/cm ²) ACGIH	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo Permitido (s)	1071	1091	228571	81633	126984	85106	222222	250000
Tiempo Permitido (min)	17,85	18,18	3809,52	1360,54	2116,40	1418,44	3703,70	4166,67
Tiempo Permitido (horas)	0,30	0,30	63,49	22,68	35,27	23,64	61,73	69,44

Fuente: Bonilla, 2015.

Figura 28. Estimación de la exposición a radiación UV en el microscopio



Fuente: Bonilla, 2015.

Al observar el **Cuadro 16** y **Figura 28** los punto muestreados directamente debajo de la fuente específicamente punto 1 y 2 no sobrepasan el LEO y el cálculo del tiempo máximo permitido es de 16 y 17 minutos, a diferencia de los demás puestos en el microscopio el trabajador debe introducir ambas manos para colocar y observar las piezas por el microscopio lo que genera que en una jornada de trabajo supere los 16 o 17 minutos con facilidad y se dé una sobreexposición, el tiempo de exposición del trabajador es proporcional a la cantidad de producción y problemas de calidad, por lo cual es necesario tomar controles o un rediseño del proceso para evitar las exposiciones en este puesto de trabajo.

E. Identificación de condiciones de exposición a rayos X

La aplicación de las distintas herramientas permitió identificar las siguientes condiciones de exposición presentes en los 3 puestos de trabajos donde se emiten rayos X:

- Blindajes en correcto uso
- Sistemas de seguridad instalados y en funcionamiento correcto
- Duración de la jornada laboral
- Tiempo de exposición
- Niveles de producción en los puestos de trabajo
- Cantidad de trabajadores expuestos
- Potencia en KV del equipo
- Procedimientos de trabajo seguro adecuados e implementados
- Mantenimiento y *setup* adecuado
- Distancias de la fuente
- Entrenamiento y capacitación en seguridad
- Diseño adecuado del puesto
- Señalización y etiquetado

Estas condiciones que dependen de sus características, diseños, existencia, cantidades y/o magnitudes, llegan a influir de forma directa o indirecta en una posible exposición de los trabajadores a rayos X. El **Cuadro 17** reúne información de las condiciones de exposición propias de las fuentes de rayos X. Las fuentes son generadoras de rayos X mediante la técnica de flouroscopía y con potencias no superiores a los 50kv, sus diferencias más marcadas están en los diseños de los equipos y sus blindajes.

Cuadro 17.Características de condiciones de exposición de las fuentes de rayos X

	Area	Marca	Modelo	# de Serie	Potencia	Tipo
1	CALIDAD TRIMMER (Burning)	LIXI	PS-500 LF 85-502-08	20809/6313 68-63	50 kV	Floruscopia
2	CALIDAD GDT	Fhisher	FISCHERSCOPE® X- RAY ZAN 215	100000094	50 kV	Floruscopia
3	CLEAN ROOM	Fhisher	FISCHERSCOPE® X- RAY XDVM®-W	1739728	50 kV	Floruscopia

Fuente: Bonilla, 2015.

El **Cuadro 18** presenta la información referente a condiciones de exposición relacionadas con diferentes características de los puestos donde se exponen diariamente 27 trabajadores, los cuales no cuentan con capacitación ni entrenamiento en medidas de seguridad, no se evidenció la existencia de procedimiento de trabajo seguros como tales solamente se incluían algunas normas dentro de los procesos de trabajo, uno de los hallazgos importante es la falta de blindaje en el área de aplicación de rayos X del equipo LIXI, esto se da debido al diseño de fabricante y debido al tipo de operación que ahí se realiza, lo que genera un acercamiento de las manos del trabajador a la fuente y una posible exposición del trabajador.

Cuadro 18. Características de condiciones de exposición de los puestos de rayos X.

	Marca	Uso	Jornada	Cantidad de Trabajadores Expuestos	Procedimientos de Trabajo Seguros	Señalización	Distacia de la fuente	Blindaje o Sistema de Seguridad	Capacitación
1	LIXI	Inspección de Piezas	I y II turno	13	NO	NO	10cm	NO	NO
2	Fhisher	Revisión de Espesores	I y II turno	9	NO	NO	100cm	SI	NO
3	Fhisher	Revisión de Espesores	I y II turno	5	NO	NO	100cm	SI	NO

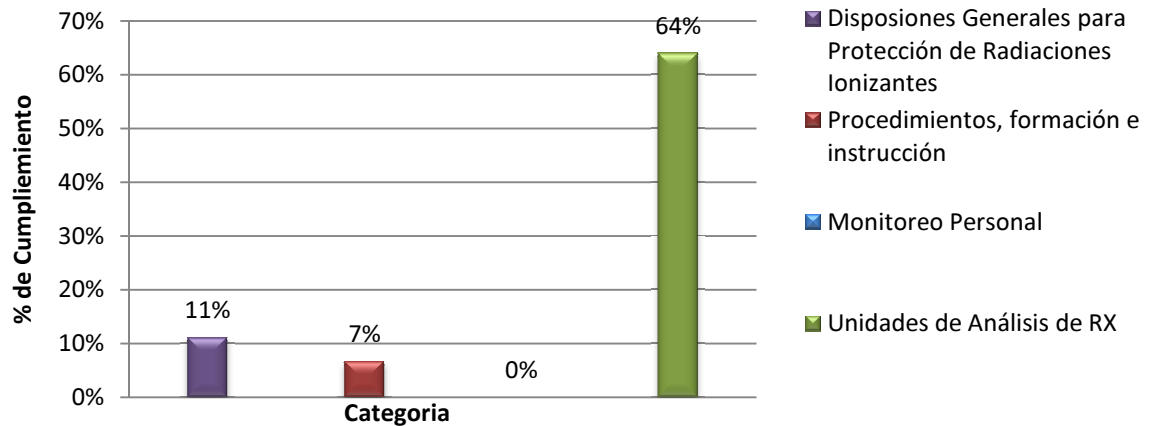
Fuente: Bonilla, 2015.

Para conocer el cumplimiento de los requerimientos solicitados por normativas o estándares para instalaciones con fuentes emisoras de rayos X, se aplicó en los tres puestos de trabajo la lista de verificación basada por la Norma Australiana AS 2243.3:1998.

Al aplicar esta lista de verificación el porcentaje general de cumplimiento de la empresa es de un 31% de los requerimientos para la instalación de una fuente de rayos X, acordándose que este tipo de fuentes por su naturaleza emite radiación ionizante y debe ser controlada con mayor rigurosidad, esto genera una alarma para intervenir a nivel de controles para hacer cumplir los requerimientos de seguridad y así prevenir un posible accidente o sobreexposición del trabajador.

La lista de verificación de rayos X se encuentra dividida en cuatro categorías, las que tienen la finalidad de poder comprender más fácilmente en qué áreas la empresa cuenta con mayores cumplimientos. En la **Figura 29**, se observa que la empresa cuenta con un 0% de cumplimiento en el monitoreo del personal expuesto esto debido a que no se ha trabajado con monitoreo personal el cual es un requisito obligatorio para el uso de equipos emisores de rayos X, a nivel de disposiciones generales, procedimientos, capacitación e instrucción son pocas las condiciones con que se cuentan para un 11% y 7% respectivamente, esto por algunas medidas básicas que la empresa ha implementado. Sí es importante rescatar un cumplimiento del 64% en las condiciones de las unidades de análisis de rayos X, donde este apartado se enfoca en las distintas condiciones que deben tener las instalaciones y las fuentes a nivel de seguridad, conocidos como controles ingenieriles, los cuales los equipos los traen de fábrica como: blindajes, llaves de encendido, luces de operación y enclavamientos.

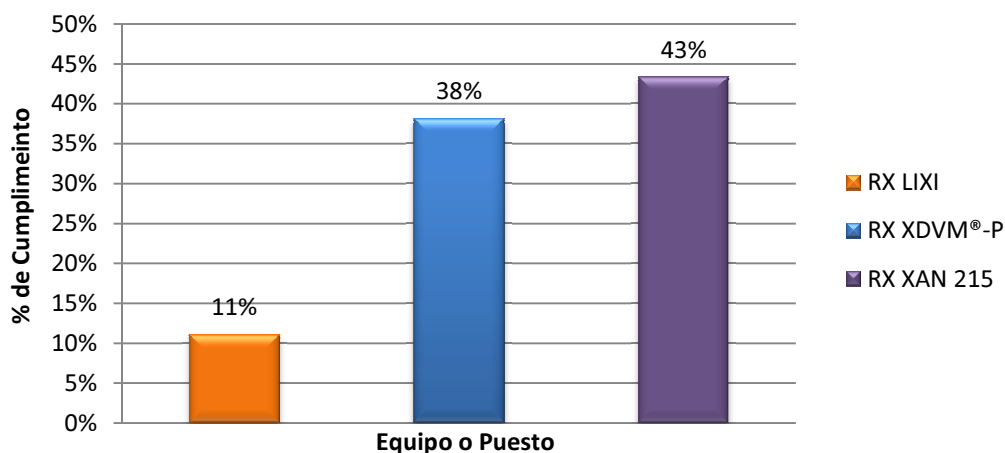
Figura 29. Porcentaje de cumplimiento por categoría de la lista de verificación rayos X



Fuente: Bonilla 2015.

Al aplicar la lista a los tres puestos con tres equipos emisores diferentes de rayos X, se obtuvieron resultados distintos por equipo, en la **Figura 30** se encontró con mayor relevancia que el equipo LIXI cuenta con un 11% de cumplimiento, donde el tipo de diseño y los estándares de fabricación del equipo no cumplen con las medidas o requerimientos para este tipo de instalaciones, mientras tanto los equipos Fisher XVDM y XAN cuentan con 38% y 43% de cumplimiento, este cumplimiento se debe a un diseño más seguro del equipo por parte del fabricante en sus blindajes y sistemas de seguridad.

Figura 30. Porcentaje de cumplimiento por equipo de la lista de verificación de rayos X



Fuente: Bonilla, 2015

Después de aplicar estas dos herramientas y para conocer a más detalle las condiciones de exposición a rayos X, se utilizó el diagrama de interrelaciones para buscar una mayor comprensión e iniciar así con la caracterización de la exposición.

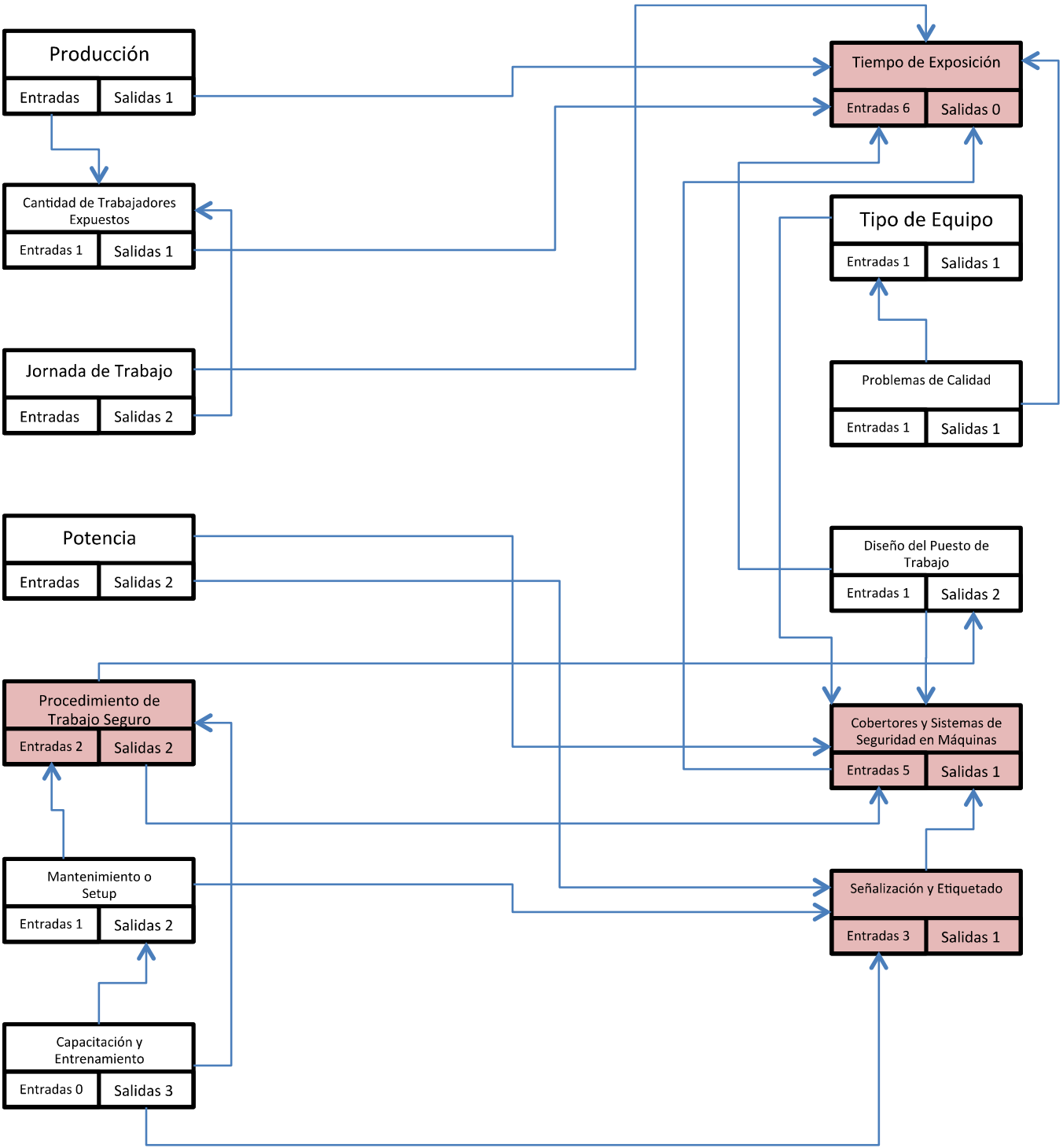
El diagrama de la **Figura 31** presenta las distintas condiciones de exposición a rayos X y sus interrelaciones, donde la cantidad de entradas y salidas de cada una de las condiciones contribuye al identificar la importancia de la condición y una posible priorización de intervención. Para el caso de los rayos X las condiciones más significativas son:

- El tiempo de exposición,
- existencia de cobertores de seguridad (Blindajes),
- existencia de sistemas de seguridad (enclavamientos, *interlocks*, atenuadores),
- Señalización y aseguramiento del área,
- y la existencia y aplicación de procedimientos seguros.

En el caso de los rayos X la existencia de cobertores de seguridad (blindajes) es la condición de exposición con mayor importancia, esto debido a que las características del mismo y su condición pueden llegar a generar un accidente o sobreexposición de un trabajador; en segundo plano se encuentran los sistemas de seguridad apoyan el uso correcto del equipo y del blindaje, y otra condición de exposición importante es el tiempo en el cual trabajador se encuentra operando el equipo, el cual se ve afectado por las características de mayoría de condiciones identificadas.

Otras dos condiciones que se encuentran en un segundo plano de importancia, son la implementación de procedimientos de trabajo seguros y la señalización y etiquetado de las fuentes, donde los procedimientos tratan de disminuir el error humano y un posible accidente y la señalización y etiquetado de informar del riesgo de las fuentes para así resaltar su importancia.

Figura 31. Diagrama de Interrelaciones de condiciones de exposición de rayos X



Fuente: Bonilla, 2015.

F. Caracterización de la Exposición a Rayos X

Con la finalidad de realizar una caracterización de forma cuantitativa de la exposición de los trabajadores a los rayos X, se realizó una dosimetría a cuerpo entero a 19 trabajadores de 27 trabajadores expuestos y específicamente a 2 de ellos una dosimetría superficial a nivel de falange, esta medición se realizó por un período de un mes calendario; en el **Cuadro 19** se puede encontrar las 21 dosimetrías, los puestos, áreas donde se realizaron, así como información general de las dosimetrías. Al cabo del mes se recogieron 20 de los 21 dosímetros más el dosímetro de control y fueron enviados al laboratorio para su posterior análisis y entrega de datos.

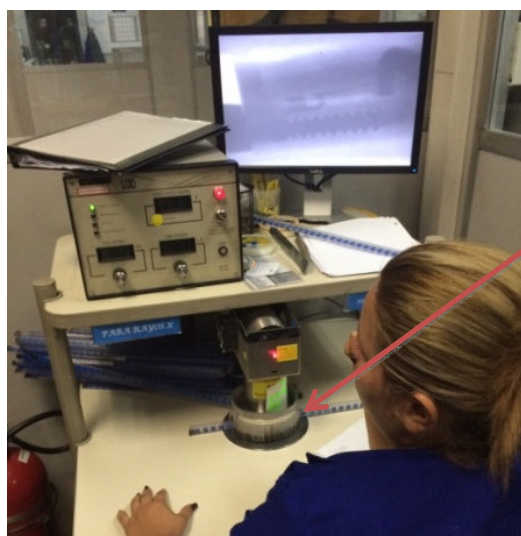
Cuadro 19. Información general de dosimetría termoluminiscente de rayos X

Dosimetría de Cuerpo entero					
	Puesto	Horario	Fecha Entrega	fecha de Retiro	Equipo que Opera
0	Dosímetro de Control		5/9/14	6/10/14	
1	Lider Network Clean Room	6 a 2	5/9/14	6/10/14	Clean Room
2	Operaria Net 1 Clean Room (I turno)	6 a 2	5/9/14	6/10/14	Clean Room
3	Operario Net 2 Clean Room (II turno)	6 a 2	5/9/14	6/10/14	Clean Room
4	Operaria de Fixi # 1 turno	6 a 2	5/9/14	6/10/14	LIXI
5	Operaria de Fixi # 2 turno	2 a 10	4/9/2014	1/10/14	LIXI
6	Operaria De Fixi Opcional	6 a 2	4/9/2014	6/10/14	LIXI
7	Supervisora de Calidad	8 a 5	4/9/2014	6/10/14	LIXI
8	Inspectoras Calidad 1 (I turno)	6 a 2	5/9/14	6/10/14	CALIDAD GDT
9	Inspectoras Calidad 2 (II turno)	2 a 10	4/9/2014	4/10/14	CALIDAD GDT
10	Ingeniera Calidad	7 a 4	4/9/2014	6/10/14	CALIDAD GDT
11	Inspectora Burning #1	6 a 2	5/9/14	6/10/14	CALIDAD GDT
12	Inspectora de proceso (I Turno)	6 a 2	5/9/14	6/10/14	FIXI
13	Inspectora de proceso (II Turno)	2 a 10	4/9/2014	6/10/14	FIXI
14	Incoming Trimmer	8 a 4	4/09/2014	4/10/14	CALIDAD GDT
15	Incoming GDT	7 a 3	5/9/14	4/10/14	CALIDAD GDT
16	Calidad GDT	7 a 4	4/09/2014	4/10/14	CALIDAD GDT
17	Operario EDP	2 a 10	4/09/2014	6/10/14	CALIDAD GDT
18	Inspectora Calidad GDT I turno	6 a 2	5/9/14	6/10/14	CALIDAD GDT
19	Inspectora Calidad GDT II turno	2 a 10	4/09/2014	4/10/14	CALIDAD GDT
Dosimetría de Mano (superficial)					
20	LIXI # 1 turno	6 a 2	5/9/14	6/10/14	LIXI
21	LIXI # 2 turno	2a10	4/9/14	Extraviado	LIXI

Fuente: Bonilla, 2014.

En las **figuras 32, 33 y 34** se puede observar las fotografías de los 3 equipos emisores de rayos X que se utilizan en la empresa, lo que aclara las diferencias entre las fuentes emisoras y las diferentes tecnologías y aplicaciones de los equipos, entre las cuales la más evidente e importante es la del equipo LIXI que no cuenta con una pantalla protectora o encerramiento que no permita el ingreso de alguna parte del cuerpo al lugar de la emisión de rayos X.

Figura 32. Fuentes de Rayos X LIXI.



Fuente sin blindaje, al activarse el Rayo X el trabajador puede ingresar su mano.

Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda., 2014.

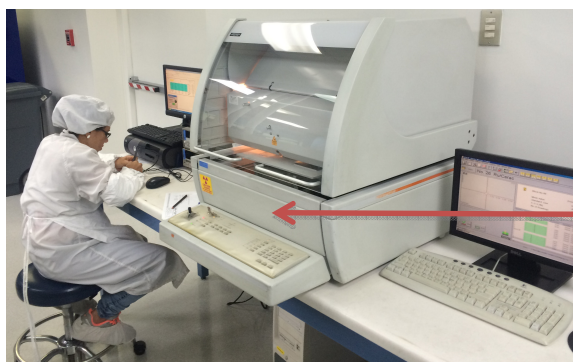
Figura 33. Fuentes de Rayos X FISCHERSCOPE® X-RAY ZAN 215.



Fuente con blindaje y enclavamiento, al activarse el Rayo X el trabajador no puede ingresar su mano.

Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda., 2014.

Figura 34. Fuentes de Rayos X FISCHERSCOPE® X-RAY XDVM®-W



Fuente con blindaje y enclavamiento, al activarse el Rayo X el trabajador no puede ingresar su mano.

Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda., 2014.

En el **Anexo 5** se encuentra el reporte total realizado por el laboratorio de la empresa Proxtronic a los dosímetros termoluminiscentes; en el **Cuadro 20**, se resumió la información brindada por el laboratorio.

Cuadro 20. Datos de Dosimetría Termoluminiscente (TL) de rayos X

Dosimetría de Cuerpo entero						
	Puesto	Equipo que Opera	Profundo (mSv)	Ojo(mSv)	Superficial (mSv)	Límite de Dosis Cuerpo Entero (mS/mes)
0	Dosímetro de Control		0,14	0,14	0,14	
1	Lider Network Clean Room	Clean Room	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
2	Operaria Net 1 Clean Room (I turno)	Clean Room	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
3	Operario Net 2 Clean Room (II turno)	Clean Room	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
4	Operaria de Fixi # 1 turno	LIXI	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
5	Operaria de Fixi # 2 turno	LIXI	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
6	Operaria De Fixi Opcional	LIXI	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
7	Supervisora de Calidad	LIXI	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
8	Inspectoras Calidad 1 (I turno)	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
9	Inspectoras Calidad 2 (II turno)	CALIDAD GDT	0,13	0,13	0,13	1,67
10	Ingeniera Calidad	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
11	Inspectora Burning #1	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
12	Inspectora de proceso (I Turno)	FIXI	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
13	Inspectora de proceso (II Turno)	FIXI	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
14	Incoming Trimmer	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
15	Incoming GDT	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
16	Calidad GDT	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
17	Operario EDP	CALIDAD GDT	0,13	0,13	0,13	1,67
18	Inspectora Calidad GDT I turno	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
19	Inspectora Calidad GDT II turno	CALIDAD GDT	<0,1	<0,1	<0,1	1,67
Dosimetría de Mano (superficial)						Límite de Dosis Superficial (mS/mes)
20	LIXI # 1 turno	LIXI	<0,1	<0,1	0,31	41,67
21	LIXI # 2 turno	LIXI	-	-	-	41,67

Fuente: Proxtronic, 2014.

En la información brindada en el **Cuadro 20** se observa que no existen los datos de exposiciones obtenidas que sobrepasen los límites de dosis permitidos. La mayoría de las dosimetrías, excluyendo los datos resumidos en el **Cuadro 21** no fueron detectadas por el

método de muestreo (TLD) que cuenta con una cantidad mínima cuantificable de 0.1 mSv para rayos X.

Cuadro 21.Datos detectables de Dosimetría Termoluminiscente (TLD) de rayos X

Dosimetría de Cuerpo entero						
	Puesto	Equipo que Opera	Profundo (mSv)	Ojo(mSv)	Superficial (mSv)	Límite de Dosis Cuerpo Entero (mS/mes)
0	Dosímetro de Control		0,14	0,14	0,14	
9	Inspectoras Calidad 2 (II turno)	CALIDAD GDT	0,13	0,13	0,13	1,67
17	Operario EDP	CALIDAD GDT	0,13	0,13	0,13	1,67
Dosimetría de Mano (superficial)						Límite de Dosis Superficial (mS/mes)
20	LIXI # 1 turno	LIXI	<0.1	<0.1	0.31	41.67

Fuente: Proxtronic, 2015.

Como se observa en el **Cuadro 21** las dosimetrías a cuerpo entero que detectaron niveles de radiación son mínima o despreciables, debido a que el dosímetro control las supera en 0.01 mSv y es menor a un 8% del límite de dosis mensual, donde el dosímetro control tiene el objetivo de monitorear la exposición durante el tránsito y almacenamiento de los dosímetros, al ser estas magnitudes inferiores al control esta radiación detectada puede venir del transporte o almacenamiento de los dosímetros y no precisamente de la exposición a la fuente radiológica.

A diferencia de las demás dosimetrías, la dosimetría de mano (tipo anillo) si cuantificó una dosis superior al dosímetro de control, de 0.31 mSv en el trabajador del 1er turno del equipo LIXI, esta dosis recibida no representa un riesgo para el trabajador, ya que se encuentra lejos del límite de dosis superficial, pero sí es un parámetro para tomar medidas de control para la operación de este equipo. Estos anillos se utilizaron para conocer la existencia de una posible exposición a rayos X a nivel de extremidades superiores en el equipo LIXI, esto dado la identificación de falta condiciones de exposición al aplicar la lista de chequeo, donde el equipo LIXI no cuenta con sistema y cobertor de seguridad en el área de emisión y el trabajador podría estar acercando o introduciendo su mano y exponiéndose a la radiación, el cual se puede observar en la **Figura 32**. donde hace recapitular la importancia de que los equipos cuenten con una adecuada gestión de condiciones de exposición, con la finalidad que existan blindajes y sistemas de seguridad óptimos y procedimientos de trabajo seguros que controles posibles malas practicas de trabajo en la operación y mantenimiento de los equipos.

G. Conclusiones

- No existencia de procedimientos de trabajo seguros, cobertores y sistemas de seguridad y buenos diseños del puesto de trabajo, influyen en el tiempo de exposición del trabajador a las distintas radiaciones, lo que una intervención en estas condiciones contribuiría en la disminución en la exposición de los trabajadores.
- No existen en la empresa procedimientos de trabajo seguros para el uso o mantenimiento de las diferentes fuentes UV, láser y rayos X, así como de programas de capacitación e información para los trabajadores expuestos, esto incrementa el peligro de accidente o de una sobreexposición de los trabajadores.
- El desconocimiento de las normativas, los riesgos y del manejo seguro de las fuentes emisoras genera que la empresa no invierta recursos en el cumplimiento de los requerimiento de seguridad asociados a los distintos tipos de radiaciones.
- Se evidenciaron sobreexposiciones no deseadas a emisiones difusas de rayos láser al calcular la exposición radiante y las distancias de seguridad de los trabajadores.
- Los equipos de rayos láser marca Video Jet son más seguros que las fuentes KEYENCE y MARKEN, esto por el cumplimiento de mayor cantidad condiciones de seguridad y de mejor forma, y por ser un equipo de menor potencia, lo que genera una menor reflexión y exposición de los trabajadores.
- La inexistencia de cobertores o sistemas de seguridad para acceder a las fuentes genera un riesgo de sobreexposición o accidente a emisiones difusas de rayos láser no deseadas de los trabajadores debido malas prácticas o técnicas de trabajo.
- El mal diseño de todos los cobertores genera fugas de radiación ultravioleta en los equipos, lo que hace que en algunos casos la radiación UV pueda llegar a sobrepasar los niveles permitidos.
- El microscopio con luz que emite radiación ultravioleta es utilizado por tiempos superiores a los 30 minutos permitidos, por el uso de las manos para la manipulación de las piezas, lo que puede llegar a general de efectos a la salud de formas agudas o crónicas en los trabajadores expuestos.
- En el momento de la dosimetría de rayos X, todos los trabajadores evaluados recibieron una dosis muy por debajo del límite permisible, lo que prescinde de una

posible sobreexposición de algún trabajador y verifica el correcto funcionamiento de los blindajes de las fuentes de rayos X.

- El equipo de rayos X marca LIXI, por su diseño de alimentación, debe contar con procedimientos de trabajo seguros estrictos para que el trabajador no se exponga a recibir dosis de radiación que puedan poner en riesgo su salud.
- Los equipos de rayos X marca Fisher son más seguros que el equipo LIXI, al contar con blindajes en el 100% de la emisión y ser fabricados con estándares mas estrictos.

H. Recomendaciones

- Deben existir procedimientos de trabajo seguros para el uso de cada una de las fuentes de radiación, los cuales deben ser implementados mediante capacitación de los trabajadores directamente expuestos.
- Es necesario evaluar los tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta en los puntos donde existen posibles sobreexposiciones en tiempos inferiores a la jornada laboral para así poder establecer controles necesarios.
- Establecer un método de evaluación del cumplimiento práctico de procedimientos de trabajo seguros de trabajo, con el objeto de poder confirmar la operación segura de las fuentes emisoras de radiaciones y así evitar una exposición no deseada de los trabajadores.
- Capacitar de forma continua al personal expuesto en los riesgos radiológicos y el uso correcto de las fuentes emisoras.
- Realizar una campaña informativa sobre los riesgos y peligros presentes en los puestos de trabajo que utilizan fuentes emisoras de radiaciones.
- Establecer un programa continuo de dosimetría de rayos X a los empleados expuestos, con el propósito de controlar el buen funcionamiento de los blindajes y uso correcto de los equipos y además para cumplir lo establecido la normativa nacional e internacional para este tipo de radiaciones.
- Diseñar e instalar los cobertores de seguridad y los sistemas de seguridad de los equipos a los que se les identificó la falta, o deficiencias en sus diseños o materiales.
- Dotar de equipo de protección personal visual con filtros de protección ultravioleta y rayos por longitud de onda, para los trabajadores que realicen actividades de mantenimiento u operaciones específicas en las fuentes emisoras.

- Realizar un estudio que evalúe la existencia fuentes radiológicas en el mercado que brinden una mayor seguridad que las actualmente cuenta la empresa, para así analizar el posible cambio de algunas de ellas y para contar con opciones para incorporarlas en nuevos proyectos
- Generar internamente mediante asignación y capacitación o contratar un encargado de protección radiológica que brinde el apoyo al departamento de recursos humanos y al encargado de salud ocupacional y ambiente en la implementación de las recomendaciones y en el control de las exposiciones.
- Incorporar al encargado de protección radiológica en conjunto con el Departamento de Ingeniería en los diseños de puesto y la incursión de nuevas tecnologías en la empresa para así garantizar desde su instalación las condiciones de seguridad requeridas.

V. PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

1. INTRODUCCIÓN

Este documento es el Programa de Protección Radiológica para la empresa TRIMPOT ELECTRÓNICAS Ltda., que reúne las políticas y compromisos de la empresa en materia seguridad en radiaciones, además de requerimientos de planificación, implementación, verificación y revisión que en conjunto conforman el programa

Según la información obtenida en la identificación de las condiciones de exposición y en la caracterización de las exposiciones, se enfocaron los controles administrativos como ingenieriles con la finalidad de mejorar la gestión en protección radiológica y facilitando las indicaciones necesarias para el funcionamiento de las partes del programa. Los procesos descritos en este documento aseguran el cumplimiento de la legislación nacional aplicable y la política de salud ocupacional de la empresa.

2. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES

a. Objetivos del Programa de Protección Radiológica (PPR)

- Establecer las directrices para la aplicación de la normativa básica relativa a la protección contra los riesgos derivados de la exposición a la radiación, específicamente a las instalaciones radiológicas y sus trabajadores expuestos.
- Cumplir con la responsabilidad de la dirección de salud ocupacional y protección radiológica mediante la adopción de estructuras de dirección, políticas, procedimientos y disposiciones organizativas, acordes con la naturaleza y el alcance de los riesgos.
- Establecer e implementar un PPR incluyendo las medidas preventivas, con la finalidad de reducir las exposiciones potenciales y mitigando las consecuencias de accidentes, teniendo como principio fundamental la optimización y mejora continua de los procesos
- Fomentar la cultura de seguridad radiológica en Trimpot Electrónicas.

b. Alcance y Estructura del Programa de Protección Radiológica (PPR)

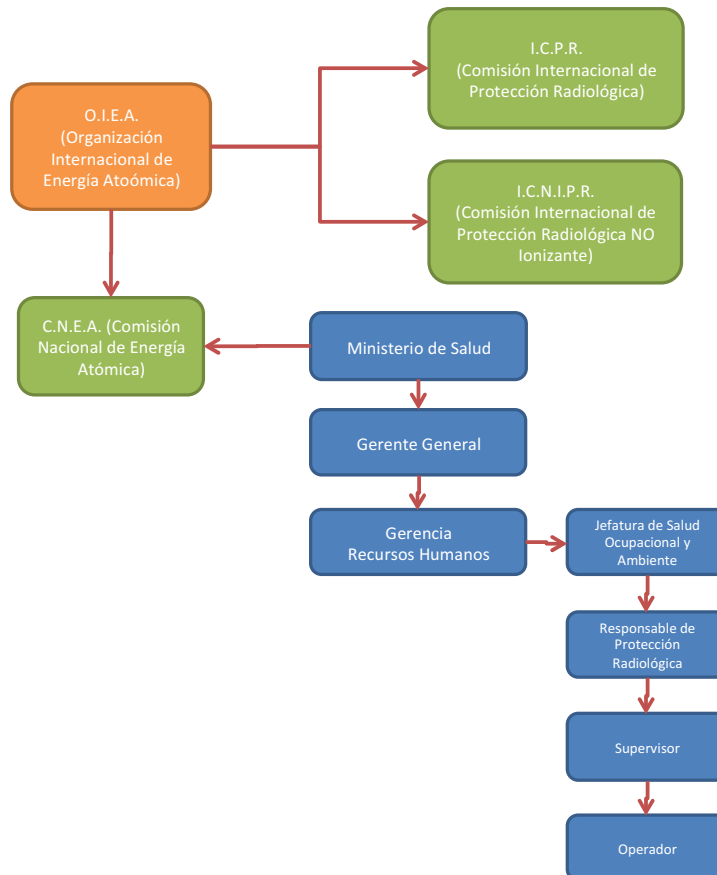
Los elementos del programa de protección radiológica que se describen en este documento son específicos para las operaciones de las fuentes generadoras de rayos X, rayos láser de clasificación IV y fuentes artificiales de radiación ultravioleta existentes en Trimpot Electrónicas Ltda.

Este PPR está diseñado para proteger tanto a los trabajadores como al público (visitantes, trabajadores de otros departamentos, contratistas, entre otros), beneficiándose así todas las personas que se encuentren potencialmente expuestas a los equipos emisores, debido a que se diseñaron procedimientos, instructivos o lineamientos para el manejo de las exposiciones.

Es de aplicación obligatoria al personal de Trimpot Electrónicas Ltda. o empresa contratista que tenga relación con equipos emisores de radiación, en su adquisición, operación, mantenimiento, limpieza, supervisión, u otra actividad relacionada con dichos equipos.

Trimpot Electrónicas establece una estructura organizacional en conjunto con las autoridades competentes en los temas de radiación ionizante y no ionizante a nivel nacional e internacional y de forma interna como se observa en la **Figura 35**.

Figura 35. Estructura Organizacional de Protección Radiológica



Fuente: Bonilla, 2015.

C. Definiciones

Accidente radiológico: Acontecimiento imprevisto que provoca daños al funcionamiento de la instalación y que puede implicar, para una o más personas, recibir dosis inferiores o superiores a los límites de dosis permisibles.

Autoridad competente: Autoridad designada o reconocida por el Gobierno para los fines específicos relacionados con la protección y seguridad radiológica.

Autorización: Documento por medio del cual la autoridad competente autoriza a una persona jurídica o física que ha presentado una solicitud para realizar un uso de una instalación radiológica, en forma de registro o licencia.

C.N.E.A.: Siglas que identifican a la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Ciclo anual dosimétrico: Período establecido por la autoridad competente durante el cual, se controlará que no se superen los límites de dosis permitidos.

Entidad pública autorizada: Toda institución que brinde servicios asociados con la protección radiológica a la población, previamente autorizada por la autoridad competente.

Equipos generadores de radiaciones: Dispositivo capaz de emitir, controladamente radiaciones.

Exposición ocupacional: Es la exposición a radiaciones recibida por el trabajador en ocasión del trabajo, que resulta de situaciones esperadas.

Historial dosimétrico: Documento o conjunto de ellos, que certifican las dosis recibidas por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes, durante su preparación académica y durante toda su vida laboral.

I.C.P. R.: Comisión Internacional de Protección Radiológica.

I.C.N.I.R.P. Comisión Internacional de Protección Radiológica No Ionizante.

Instalación: Lugar que alberga, en forma segura, equipos destinados a la utilización, producción, fabricación, tratamiento, manipulación y/o almacenamiento de fuentes radiactivas o equipos generadores de radiaciones.

Licencia: Autorización otorgada por la autoridad competente a quién realiza la práctica o al titular de la instalación, por medio de la cual, bajo ciertas condiciones, autoriza la construcción, operación (permiso sanitario de funcionamiento) y cierre definitivo.

Límite: Valor de una magnitud que no debe sobrepasarse.

Monitoreo de área: Es la medición de los niveles de exposición a radiaciones ionizantes en los recintos inmediatamente adyacentes a las zonas controladas, y en casos excepcionales a las zonas supervisadas.

O.I.E.A: Organización Internacional de Energía Atómica.

Operador competente: Persona autorizada por la autoridad competente, para realizar actividades directamente vinculadas a la operación de fuentes radiactivas o equipos emisores de radiaciones, en condiciones de seguridad radiológica.

Plan de emergencia: Conjunto de acciones interrelacionadas, previstas para la ocurrencia de un riesgo, incidente radiológico producto de la aplicación correcta o incorrecta, voluntaria o involuntaria en las prácticas que utilicen radiaciones.

Procedimiento: Secuencia lógica de pasos o actividades que permiten cumplir en forma completa y segura una determinada tarea, que involucra personas, equipos, instrumentos, insumos y un determinado ambiente físico.

Protección y seguridad radiológica: Protección a las personas contra la exposición a la radiación, así como los medios para prevenir accidentes y atenuar las consecuencias de estos, si ocurrieran.

Responsable de protección radiológica: Persona ligada a la empresa donde se utilicen radiaciones, quien ejercerá funciones en el campo de protección radiológica, independientemente de sus labores cotidianas.

Sievert (Sv): Unidad empleada para la dosis equivalente, puede presentarse en submúltiplos mili Sievert (mSv).

Trabajador ocupacionalmente expuesto (o personal expuesto): Persona que realiza actividades directamente o indirectamente vinculadas con el uso y/o manipulación de material radiactivo dentro de una instalación u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Vigilancia radiológica: Conjunto de medidas y procedimientos orientados a evaluar el impacto de las radiaciones ionizantes en las personas y el público en general.

Zona controlada: Es toda zona en las que son o pudieren ser necesarias medidas de protección y disposiciones de seguridad específicas para controlar las exposiciones normales o prevenir la dispersión de contaminación en las condiciones normales de trabajo.

Zona supervisada: Toda zona no definida como controlada pero en la que se mantienen bajo vigilancia las condiciones de exposición ocupacional aunque normalmente no sean necesarias medidas protectoras ni disposiciones de seguridad concretas.

d. Legislación y normativa de referencia

- ICNIPR, (2007). Protecting Workers from Ultraviolet Radiation. ISBN 978-3-934994-07-2. Germany Printed by DCM, Meckenheim. [en línea]. Disponible en: http://www.who.int/uv/publications/Protecting_Workers_UV_pub.pdf
- Ministerio de Salud (1995) . "Reglamento sobre Protección Contra Radiaciones Ionizantes" Decreto N°24037-S. Costa Rica
- Laser Institute of America (2007). American National Standard for Safe Use of Lasers ANSI Z136.1-2007. USA, ANSI.
- OIEA, (2004). *Protección radiológica Ocupacional* No RS-G-1.1. Austria: OIEA Norma
- UTRPA, (2011).The ultraviolet radiation safety program at the University Toronto. [en línea]
<http://www.ehs.utoronto.ca/Assets/ehs+Digital+Assets/ehs3/rad/U+of+T+UV+safety+program.pdf>

e. Responsables del Programa de Protección Radiológica (PPR)

Gerencia General

El Gerente General, como máxima autoridad ejecutiva y representante legal de la empresa, es responsable del cumplimiento de las normas y leyes contenidas en este Programa, mediante la asignación de recursos humanos, económicos y la supervisión para la ejecución de los mismos.

El Gerente General firmará y tramitará la documentación respectiva a permisos de instalación de los equipos y aprobará la implementación del programa de protección radiológica

Gerencia de Recursos Humanos

En esta gerencia recae la responsabilidad de la administración del PPR, con la finalidad de velar por el cumplimiento de las normas y leyes, relativas a la exposición del personal y al funcionamiento de los equipos e instalaciones emisoras de radiaciones.

Debe establecer las líneas de responsabilidad para las instalaciones radiológicas de los distintos departamentos de la empresa y debe contar en su departamento con personal competente para la administración del PPR.

Debe comunicar al responsable del Programa los movimientos de personal producidos en las distintas áreas con riesgo radiológico, de ser posible con antelación suficiente para adoptar las medidas necesarias.

Es el encargado de comunicar el Programa a las distintas gerencias para su implementación.

Gerencia de área

La gerencia de área, de acuerdo con sus atribuciones, es el responsable, en este Programa, de conocer y cumplir con los procedimientos establecidos, relativos a los equipos emisores que se encuentran en su proceso o personal a su cargo que se encuentre expuesto a equipos emisores, debiendo así asignar funciones y responsabilidades en cada uno de los puestos de trabajo con riesgo radiológico y así asegurar su cumplimiento.

Debe comunicar al Programa los movimientos de personal (altas, bajas y traslados) producidos en las áreas con riesgo radiológico, de ser posible con antelación suficiente para adoptar las medidas necesarias.

Tiene como responsabilidad de aprobar en conjunto con el encargado de salud ocupacional y ambiente los procedimientos de trabajo que incluye este programa y que tengan influencia en su área de trabajo.

Es el encargado de comunicar el Programa a las distintas supervisiones para su implementación.

Supervisor de área

El supervisor de área debe implementar los procedimientos del PPR y establecer las responsabilidades dentro de sus procesos, en lo relativo al funcionamiento y operación de la instalación radiactiva. Asimismo debe coordinar y/o comunicar al responsable de protección radiológica las actividades de mantenimiento, traslado de equipos, cambio de operador, capacitación del personal, problemas del equipo, dosimetrías o cualquier efecto a la salud que presente un trabajador.

Es el encargado de comunicar el Programa a los operadores a su cargo para su implementación.

Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente

En jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente recae la responsabilidad de administrar este Programa, donde en colaboración con el responsable de protección radiológica deberá evaluar los riesgos derivados del uso de radiaciones que puedan afectar la seguridad y la salud de los trabajadores; además deberán realizar las inspecciones de seguridad y sus informes de las distintas fuentes emisoras, mantendrá y la jefatura de SO y A custodiará los diferentes registros del programa de protección radiológica y revisará las competencias del personal o empresas involucradas en el PPR lo establece la normativa. otras de sus funciones es el vigilar el cumplimiento de las normas establecidas, supervisar el cumplimiento de los procedimientos de este programa, además de comunicar por escrito, a los responsables jerárquicos de las instalaciones, sobre las condiciones que exigen la paralización de las mismas por incumplimiento de las normas de protección radiológica o la existencia de riesgos radiológicos indebidos, dando cuenta a la Gerencia General, si es el caso y por ultimo deberá elaborar los informes de avance y brindará seguimiento de las actividades del PPR para la alta gerencia.

Responsable de protección radiológica

El responsable de protección radiológica debe ser una persona o empresa que cuente con la competencia y experiencia necesaria para el manejo de radiaciones y que pueda asesorar a la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente en materia de protección radiológica y mantenerle informado de sus obligaciones respecto a la normativa legal vigente, poniendo en

su conocimiento todas las deficiencias que puedan incidir en la seguridad de las instalaciones y en la protección de los trabajadores expuestos. Esta figura deberá establecer las diferentes actividades para la implementación del Programa de Protección Radiológica así como aprobar dictámenes, evaluaciones e informes emitidos, en relación con las radiaciones, deberá certificar los historiales dosimétricos de los trabajadores expuestos y tener conocimiento y de ser posible, estar presente durante las inspecciones de seguridad, así como tener constancia y conocimiento de los informes y comunicaciones que se remitan. Mediante una capacitación deberá informar las medidas de protección radiológica a los trabajadores que, sin necesitar licencia, operen en una instalación con riesgo radiológico, ya que cuentan con el derecho de conocer los riesgos, normas y procedimientos de la protección contra las radiaciones así como el deber de cumplirlas.

Operarios

Es responsabilidad de los operarios acatar los procedimientos de seguridad radiológica de uso de equipos emisores de radiaciones, de dosimetría y uso de equipo de protección personal.

Los operarios deben contar con la capacitación brindada por la responsable de protección radiológica para equipos emisores de radiaciones no ionizantes o de una autoridad competente para optar por la licencia de operación para equipos emisores de radiación ionizante.

Con su capacitación o licencia y bajo la dirección de un supervisor podrá operar la instalación asignada y tendrá autoridad para detener el funcionamiento del equipo en cualquier momento que se vean reducidos los niveles de seguridad y que se les imposibilite informar al supervisor del problema.

Encargado de mantenimiento de equipos e instalaciones

El encargado del mantenimiento de equipos e instalaciones será responsable de la coordinación de todos de mantenimientos correctivos y preventivos, ingresos, sustituciones o traslados de los equipos emisores, así como de la infraestructura donde se ubiquen los equipos, con la finalidad de contar con todas la medidas de seguridad según lo establece este Programa.

Encargado de la adquisición de equipos

El Encargado de la adquisición de equipos, es responsable de la selección técnica de los equipos emisores de radiación en coordinación con el responsable de protección Radiológica y el encargado de SO y A, el elegir los requerimientos de seguridad más apropiados como diseños de cobertores, enclavamientos, rotulación, blindajes, atenuadores, entre otros, es la finalidad con el propósito de prevenir posibles exposiciones no deseadas en los trabajadores expuestos a estos equipos.

3. CLASIFICACIÓN DE FUENTES RADIOLÓGICAS

a. Contabilización y registro de las fuentes

Se mantendrá en el PPR una contabilización y registro de las fuentes radiológicas donde consten en particular, la ubicación, descripción, responsables, procesos o actividades, tipos de radiación y las fechas de la última inspección de seguridad realizada y la fecha de la próxima a realizar, donde el objetivo es contar con un cuadro que integre todas las fuentes y aspectos generados de las mismas, para el cumplimiento de este requerimiento la jefatura de SO y A mantendrá actualizada la *Matriz de Contabilización de Fuentes Radiológicas PPR-R-01*(ver **Cuadro 22**), cada vez que ingrese, se traslade, o se sustituya un equipo y además anualmente deberá realizar una actualización general de la matriz con la finalidad de verificar que todos los equipos se encuentren incluidos.

Cuadro 22. PPR-R-01. Matriz de Contabilización y Registro de Fuentes Radiológicas.

Contabilización y Registro de Fuentes Radiológicas											
# Fuente	Marca	Serie	Tipo de Radiación	Potencia	Tipo de Instalación o Nivel de Riesgo	Ubicación	Descripción / Uso	Zona	Responsable	Última Inspección	Próxima Inspección
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											

Fuente: Bonilla, 2015.

b. Clasificación de Zonas (Zonas Controladas y Zonas Supervisadas)

El responsable de protección radiológica debe clasificar los puestos de trabajo donde se ubican los equipos emisores como:

- Zona supervisada
- Zona controlada

Esta clasificación se realiza mediante el análisis de la información de cada una de las fuentes y sus instalaciones, teniendo como parámetros importantes, las características del equipo emisor, el riesgo de dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.

Para que el responsable de protección radiológica asigne como **Zona Supervisada** una instalación debe comprobar que existe probabilidad de recibir dosis superiores a los límites permitidos, siendo muy improbable recibir dosis superiores a 3 veces los límites permitidos esto para el caso particular de los rayos X, para rayos láser las zonas supervisadas se establecerán para láser categorizados de 1 a 3a en su nivel de riesgo dado por el fabricante y para la radiación ultravioleta una zona supervisada queda establecida cuando una fuente emisora que tenga la capacidad de superar en no mayor a 3 veces los límites permitidos.

La **Zona Controlada** en las exposiciones a rayos X son aquellos puestos de trabajo donde existe probabilidad de recibir dosis superiores 3 veces los límites permitidos, para rayos láser se establecerían como zonas controladas a los láser categorizados de 3B y 4 en su nivel de riesgo dado por el fabricante y se deberá calcular el NHZ para establecer las distancias seguras del trabajador y la dimensión de la zonas controlada, para el caso de la radiación ultravioleta, la zona controlada queda establecida cuando una fuente emisora tiene la capacidad de superar los límites permitidos en más de 3 veces al exponerse un trabajador de forma directa en periodos menores a 8 horas. Para este caso se recomienda realizar la evaluación del tiempo exposición en los puntos donde la exposición medida por el radiómetro pueda superar la exposición del trabajador tres veces en una jornada laboral.

Esta clasificación se realiza para clasificar riesgo de sobreexposición de cada una de las fuentes emisoras y con el fin de realizar controles más específicos. En los distintos procedimientos de este PPR se encontraran diferentes niveles de seguridad según la zona donde se encuentre el equipo emisor y de ser necesario el encargado de protección

radiológica solicitará la identificación del área de trabajo con acceso restringido, el símbolo del riesgo radiológico y las medidas de seguridad para ingresar como lo indica el procedimiento de señalización y etiquetado.

4. EVALUACIÓN RADIOLÓGICA Y DE LA SEGURIDAD

El PPR se cuenta con el procedimiento "PPR-P-01 Evaluación de la seguridad de las instalaciones" y el "PPR-P-02 de Vigilancia Radiológica" (ver **apéndice 5**) con la finalidad de monitorear las dosis recibidas por la exposición ocupacional a las distintas radiaciones donde se describen los métodos, equipos, calibraciones y frecuencia de las evaluaciones dependiendo del nivel de riesgo de las fuentes y las zonas.

La justificación principal para realizar una evaluación o vigilancia es lograr y/o demostrar una adecuada protección del trabajador y la eficiencia de los controles ingenieriles de los equipos emisores.

Cada puesto o equipo emisor debe ser evaluado por parte de la Jefatura de SO y Ambiente en acompañamiento del responsable de protección radiológica con los procedimientos anteriormente descritos, estas evaluaciones deben realizarse con una periodicidad o bajo condiciones especiales preestablecidas, dentro de los procedimientos de ingreso, traslado o sustitución de fuentes, en el procedimiento de Evaluación de la Seguridad de las Instalaciones y el procedimiento de Vigilancia Radiológica se encontrarán estas periodicidades o condiciones especiales.

El resultado de estas evaluaciones deben ser registradas en según lo establecen los procedimientos, además deben ser analizados por la Jefatura de SO y A. y por el responsable de protección radiológica, con el objeto de dar seguimiento a las exposiciones, condiciones de seguridad y de ser necesario el establecer medidas preventivas y correctivas de los equipos emisores.

5. MEDIDAS DE CONTROL DE RIESGO

a. Medidas de control administrativas

En el PPR plantea medidas de control administrativas en 11 distintos procedimientos (ver **Apéndice 5**) los que establecen los lineamientos internos para gestionar de forma segura los procesos de evaluación, información, capacitación, manejo de emergencias, uso de equipo de protección personal, señalización, así como la operación y mantenimientos de equipos emisores de radiaciones, donde la finalidad es la reducción de las exposiciones de los trabajadores:

- PPR-P-01 Procedimiento evaluación de condiciones de seguridad
- PPR-P-02 Procedimiento vigilancia radiológica
- PPR-P-03 Procedimiento de uso de equipos de rayos x
- PPR-P-04 Procedimiento de uso de equipos de rayos laser
- PPR-P-05 Procedimiento de uso de equipos de radiación ultravioleta
- PPR-P-06 Procedimiento de mantenimiento de instalaciones radiológicas
- PPR-P-07 Procedimiento señalización y etiquetado
- PPR-P-09 Procedimiento de información y capacitación
- PPR-P-08 Procedimiento administración del equipo de protección personal
- PPR-P-10 Procedimiento ante emergencias radiológicas
- PPR-P-11 Procedimiento de ingreso, traslado o sustitución de equipos

Características de la capacitación del PPR

El personal involucrado en el Programa de Protección Radiológica debe ser informado y capacitado, esta medida de control es administrada por el procedimiento PPR-P-09 (ver **Apéndice 5**), para un mayor entendimiento de los diferentes entrenamientos se encuentra la Matriz de Capacitación del PPR (ver **Cuadro 23**), la cual incluye un resumen de las capacitaciones, temas o contenidos, grupo meta, duración, modo de verificación del conocimiento y recursos que necesita la empresa. Esta información funciona de guía para la contratación o elaboración de las capacitaciones del PPR.

Cuadro 23. Matriz de Capacitación del PPR

Tema	Contenido	Horas	Verificación	Grupo Meta	Recursos
Capacitación de Seguridad de Rayos X	Conceptos Básicos	2 horas	Preguntas al Azar y Entrega de Material informativo y de prevención	Supervisores de Equipos Rayos X	Video In, Material impreso, Pizarra y Computador
	Aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes			Ingenieros de proceso	
	Magnitudes y Exposición a Rayos X			Personal que labora en cercanía de equipos	
	Medidas de Seguridad de Uso de Rayos X			Personal de Limpieza de Área	
				Encargado de adquisición de Equipos	
Curso Básico de Protección Radiológica	Conceptos Básicos	8 horas	Quiz de 20 preguntas y entrega de material preventivo	Operadores de Equipos Rayos X	Video In, Material impreso, Pizarra y Computador
	Aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes			Mecánicos de Equipos Rayos X	
	Magnitudes Utilizadas en Protección Radiológica			Encargado de Mantenimiento de Equipos	
	Detectores de las Radiaciones Ionizantes			Encargado de Protección Radiológica	
	Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes			Jefatura de Salud Ocupacional	
	Filosofía de la Protección Radiológica				
Curso Avanzado de Protección Radiológica	Conceptos Básicos	48 horas	Trabajos extra clase y Examen y entrega de material informativo	Encargado de Protección Radiológica	Video In, Material impreso, Pizarra y Computador
	Aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes				
	Magnitudes Utilizadas en Protección Radiológica				
	Detectores de las Radiaciones Ionizantes				
	Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes				
	Filosofía de la Protección Radiológica				
	Garantía de Calidad				
	Situaciones Anormales				
	Accidentes				
	Legislación				
Capacitación de Seguridad de Rayos Láser	Conceptos Básicos	3 horas	Quiz de 10 preguntas y entrega de material preventivo	Supervisores de Equipos Rayos Láser	Video In, Material impreso, Pizarra y Computador
	Aplicaciones de las Radiaciones NO Ionizantes			Encargado de adquisición de Equipos	
	Niveles de Riesgo y Exposición a Rayos Láser			Operadores de Equipos Rayos Láser	
	Equipos de Rayos Láser			Mecánicos de Equipos Rayos Láser	
	Uso de EPP			Jefatura de Salud Ocupacional	
				Encargado de Mantenimiento de Equipos	
Capacitación de Seguridad de Radiación UV	Conceptos Básicos	3 horas	Quiz de 10 preguntas y entrega de material preventivo	Supervisores de Equipos Radiación UV	Video In, Material impreso, Pizarra y Computador
	Aplicaciones de las Radiaciones NO Ionizantes			Encargado de adquisición de Equipos	
	Magnitudes y Exposición a Radiación UV			Operadores de Equipos Radiación UV	
	Medidas de Seguridad de Uso de Radiación UV			Mecánicos de Equipos Radiación UV	
	Uso de EPP			Jefatura de Salud Ocupacional	
				Encargado de Mantenimiento de Equipos	
Capacitación de Programa de Protección Radiológica	Conceptos Básicos	2 horas	Preguntas al Azar	Gerencias	Video In y Computador
	Objetivos			Encargado de Mantenimiento de Equipos	
	Funciones y Responsables			Encargado de adquisición de Equipos	
	Legislación			Jefatura de Salud Ocupacional	
	Procedimientos de Seguridad			Encargado de Protección Radiológica	

Fuente: Bonilla, 2015.

El impartir las capacitaciones mencionadas en el cuadro 23 tiene como objetivo el generar el conocimiento y las competencias para que los trabajadores puedan realizar sus labores de forma segura y además la empresa cumpla con requisitos solicitados por la legislación nacional y los requerimientos de este Programa. Es necesario la verificación del conocimiento generado en las capacitaciones mediante el uso de las herramientas mencionadas en el cuadro durante la capacitación, así como la verificación en campo por parte de la Jefatura de SO y A y los supervisores de área por medio de las inspecciones programadas.

Además de estas medidas mencionas anteriormente se consideran cómo medidas de control administrativas las siguientes propuestas:

- No exponer a ninguna trabajadora en proceso de embarazo o maternidad a la emisión de radiaciones, esto con la finalidad de evitar problemas a la salud del niño a nivel de efectos estocásticos.
- Cualquier trabajador que cuente con alguna enfermedad visual, será valorado en el Consultorio Médico de Trimpot Electrónicas, con la finalidad de conocer la posibilidad de operar equipo emisor de radiación láser nivel 3B o 4.
- Trabajadores que cuente con enfermedades de piel, deberán ser evaluadas por parte del Consultorio Médico de Trimpot Electrónicas Ltda., con el fin de conocer la posibilidad que realicen labores donde existe equipos emisores de radiaciones y estos no puedan agravar su enfermedad.
- Aplicar las distancias de seguridad a rayos láser (Nominal Harzard Zone) a todos los láser nivel 4.
- Controlar la exposición en los puntos donde el trabajador se pueda ver sobre expuesto a radiación UV según los niveles y tiempo de exposición calculados.

Estas recomendaciones deben ser implementados y verificados los cumplimientos por parte de la jefatura de SO y A y el responsable de protección radiológica y comunicas al personal por parte de los capacitadores en los distintos entrenamientos.

b. Medidas de control ingenieriles

Actualmente la empresa cuenta con deficiencias ingenieriles, entre las más importantes Se encontró la falta de cobertores y sistemas de seguridad, además de la inexistencia de equipo de protección visual adecuados para la operación de equipos emisores, estos casos se describen a continuación de forma detallada:

Especificaciones del equipo de protección personal para equipo láser

- Para el uso de los equipos emisores de rayos láser de tipo CO2 se recomienda protección ocular con densidad óptica #6 el cual fue calculado según el procedimiento PPR-P-08 PROCEDIMIENTO ADMINISTRACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (ver **apéndice #5**), donde su uso es exclusivo para trabajo de mantenimiento correctivo, preventivo y/o ajustes o *setup* de los equipos. Se debe utilizar por parte del operador durante toda su exposición, si el equipo no cuenta con cobertores de seguridad y/o no se respeta la distancia de seguridad (NHZ).

Descripción de Opción 1 (CO2)

Marca Laser Vision, Densidad Óptica 6+ para 10600nm, Para Fuentes CO2, Precio \$99, Certificaciones Laser Safety Officer (CLSO).

Figura 36 . Anteojo de protección a Láser CO2 opción 1.



F09.P5P03.5000

F09 Frame with P5P03 Filter

Price: \$99.00

SKU: f09p5p035000

Quantity

[Add to Cart](#)

Specifications Sheet:



P5P03-Filter Specifications

	Model Information Color: Dark Green Material: Polycarbonate VLT: 11%	Filter OD Specifications OD 6+ @ 10600 nm	Lasers CO ₂ (Carbon dioxide)	Application Cutting Engraving Industrial Material Processing Marking Range Finding Veterinary
--	--	---	---	---

[F09 Frame Description](#)[F09 Frame Dimensions](#)[Filter Chart](#)

Frame: F09
Lens Width: 62 mm
Lens Height: 55 mm
Distance Between Lenses: 17 mm
Temple Length: 125 mm
Temple Adjustment: Flexible Adjustment
Frame Height: 54 mm
Frame Length: 157 mm
Frame Width: 147 mm



Fuente: Laser Vision, 2015.

Descripción de Opción 2 (CO2)

Marca GLENDALE, Especifico para Fuentes CO2, Precio \$70,5, Certificaciones ANSI Z136.1:2007 y Z87.1.

Figura 37. Anteojo de protección a Láser CO2 opción 2



Gafas para Láser, Azul, Sin Recubrimiento

GLENDALE

Precio: **\$70.50** / cada uno

☒ Entrega única
☐ Auto-Reordenar Cada 1 Meses

1 **Añadir**

[+ Agregar a Lista](#)

Confirma el Código Postal para determinar la disponibilidad.

Código Postal: 07030 **Guardar**

★★★★★ [Escribe la primera reseña](#) | [Pregunta y Respuesta](#)

Artículo # **3NTX9** Mod. Fab. # **31-21100** UNSPSC # **46181802**

Página de Catálogo # **N/A** Peso del Envío **0.45 lb**

País de Origen **USA** | El País de Origen está sujeto a cambios.

Nota: La disponibilidad del producto se actualiza en tiempo real y se ajusta continuamente. Se reservará tu producto cuando completes tu pedido. [Más](#)

[¿Cómo podemos mejorar nuestras Imágenes de Productos?](#)

☐ Comparar

Especificaciones Técnicas

Artículo	Gafas de Protección para Láser	Número de Filtro	100
Tipo de Láser	CO2	Recubrimiento del Lente	Sin Recubrimiento
Diseño del Marco	OTG	Colores de Lentes	Transparente
Transmisión Luminosa Visible	89%	Color del Marco	Azul
Densidad Óptica en la Longitud de Onda	Mayor superior a 19 @ 190-360nm	Normas	ANSI Z87.1, ANSI Z136.1-2007
Material del Lente	Polímero		

Fuente: Graiger, 2015.

- Para el uso de los equipos emisores de rayos láser de tipo **Nag:Yad** específicamente el equipo *Convergent* se recomienda el protección ocular con densidad óptica #5, donde su mayor uso es para trabajo de mantenimiento correctivo, preventivo y ajustes de los equipos.

Descripción de Opción 1 (Nd:YAG)

Marca Laser Vision, Densidad Óptica 5+ para 940/ 980nm, Para Fuentes Nd:Yag, Precio \$179, Certificaciones Laser Safety Officer (CLSO).

Figura 38. Anteojo de protección a Láser Nd:YAG opción 1



F22.P5L02.5000

F22 Dyna Guard Shield with P5L02 Filter

Price: \$179.00

SKU: f22p5l025000

Quantity [Add to Cart](#)

Specifications Sheet:



P5L02-Filter Specifications

	Model Information Color: Brown Material: Polycarbonate VLT: 30%	Filter OD Specifications OD 8+ @ 190 - 315 nm OD 6+ @ >315 - 532 nm OD 3+ @ 808 - <890 nm OD 4+ @ 890 - <940 nm OD 5+ @ 940 - <980 nm OD 7+ @ 980 - 1065 nm	Lasers Argon Diode Dye Excimer Nd:YAG Nd:YAG (KTP, 2H) Nd:YAG (3H) Nd:YAG (4H) Ti:Sapphire	Application Dermatology Industrial Laser Surgery Material Processing Ophthalmology Research
---	--	--	--	--

[F22 Frame Description](#) [F22 Frame Dimensions](#) [Filter Chart](#)

Model: F22
Color: Same as Filter Color With Black Temples
Type: Fit-over

Light weight design with optimal field of view. Fits over prescription eyewear. Flexible temples with hinges.

Fuente: Laser Vision, 2015.

Descripción de Opción #2 (Nd:YAG)

Marca GENDALE, Densidad Óptica 9+ para 1064/ 10600nm, Para Fuentes Nd:Yag y CO2 Precio \$353, Certificaciones ANSI Z817.1:2007.

Figura 39. Anteojos de protección a Láser Nd:YAG opción 2



Gafas para Láser, Amarillo Claro/Verde, Sin Recubrimiento

GLENDALE

Precio: **\$353.00** / cada uno

☒ Entrega única
☐ Auto-Reordenar Cada 1 Meses

1 **Añadir**
[+ Agregar a Lista](#)

Confirma el Código Postal para determinar la disponibilidad.
Código Postal: 07030 **Guardar**

★★★★★ [Escribe la primera reseña](#) | [Pregunta y Respuesta](#)

Artículo # **3NTW7** Mod. Fab. # **31-21101** UNSPSC # **46181802**
Página de Catálogo # **N/A** Peso del Envío **0.05 lb**

País de Origen **USA** | El País de Origen está sujeto a cambios.
Nota: La disponibilidad del producto se actualiza en tiempo real y se ajusta continuamente. Se reservará tu producto cuando completes tu pedido. [Más](#)

Especificaciones Técnicas

Artículo	Gafas de Protección para Láser	Número de Filtro	101
Tipo de Láser	YAG, CO2	Recubrimiento del Lente	Sin Recubrimiento
Diseño del Marco	GPT Encore grande	Colores de Lentes	Amarillo Claro/Verde
Transmisión Luminosa Visible	52%	Color del Marco	Transparente
Densidad Óptica en la Longitud de Onda	Mayor superior a 7 @ 1064nm y 10600nm	Normas	ANSI Z87.1-2003
Material del Lente	Polímero		

Fuente: Graiger, 2015.

Especificaciones del equipo de protección personal para uso de equipo UV

Para el uso de los equipos emisores de radiación Ultravioleta es necesario protección ocular con filtros UV entre los 300nm y 500nm con un filtro en el lente de 2 a 2,5, según lo establecido en el procedimiento PPR-P-08 PROCEDIMIENTO ADMINISTRACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (ver **apéndice 5**), el mayor uso de este equipo es para trabajos de mantenimiento correctivo, preventivo y ajustes de los equipos o para caso particular de operación sin cobertor de seguridad alguno de los equipos emisores.

Descripción de Opción #1 (UV)

Marca UVEX, Filtro #2, Precio \$24,91, Certificación ANSI Z87.1: 2010 y CSA Z94.3:2007.

Figura 40. Anteojo de protección a Radiación UV opción #1.



Gafas de Protección, Lente Tono 2.0 Infra-Dura

UVEX BY HONEYWELL

Precio: **\$24.91** / cada uno

☒ Entrega única
☐ Auto-Reordenar Cada 1 Meses

1 **Añadir**
[+ Agregar a Lista](#)

Confirma el Código Postal para determinar la disponibilidad.
Código Postal
Guardar

★★★★★ [Escribe la primera reseña](#) | [Pregunta y Respuesta](#)

Artículo # **2NYJ7** Mod. Fab. # **S3206** NSN # **4240-00-269-9460**
UNSPSC # **46181802** Página de Catálogo # **2236** # de Grupo del Catálogo **H117**
Peso del Envío **0.12 lb**

Pais de Origen **USA** | El Pais de Origen está sujeto a cambios.
Nota: La disponibilidad del producto se actualiza en tiempo real y se ajusta continuamente. Se reservará tu producto cuando completes tu pedido. Más

[¿Cómo podemos mejorar nuestras Imágenes de Productos?](#)

☐ Comparar

Especificaciones Técnicas			
Artículo	Gafas de Protección	Material del Marco	Policarbonato
Género	Unisex	Talla	Universal
Colores de Lentes	Tono 2.0 Infra-Dura	Material del Lente	Policarbonato
Recubrimiento del Lente	Antirrayas	Estilo de Patilla	Espátula
Diseño del Marco	Envolvente	Protección UV	99.9%
Color del Marco	Negro	Normas	ANSI Z87.1-2010, CSA Z94.3-2007

Fuente: Graiger, 2015.

Descripción de Opción #2 (UV)

Marca SAF-T-CURE, Filtro 99% en longitudes de onda superiores a 400nm, Precio \$2,9.

Figura 41. Anteojo de protección a Radiación UV opción #1

« DISPOSABLE UV FILTER GLASSES »



SAF-T-CURE™ DISPOSABLE UV FILTER GLASSES block UV radiation up to 400nm. Designed with flexible temples, adjustable to fit all head sizes. Fits comfortably over most prescription glasses. Offered at very low cost to promote safety-wear even for people visiting your production shop. Can be worn comfortably by virtually everyone with minimum adjustment. Designed with thick sides for additional protection, ideal for light-sensitive eyes. One-piece molded construction provides great durability. Smoke gray color. 10/pack.

Fuente: SAF-T CURE, 2015.

A continuación se presenta un cuadro comparativo para las opciones de lentes protectores a las distintas radiaciones.

Cuadro 24. Comparación de Equipos de Protección Visual a Rayos Láser y UV.

Comparación de Equipo de Protección Visual						
	Opción 1			Opción 2		
Tipo de Radiación	Características	Certificaciones	Costo	Características	Certificaciones	Costo
Rayos Láser CO2	OD 6+ para 10600nm, CO2, Dark Green color	CLSO	\$ 99	CO2, Azul, OD 9+ de 190-360nm	ANSI Z136.1:2007 y Z87.1	\$70,5
Rayos Láser YAG	OD 5+ 980nm, YAG, Brown color	CLSO	\$ 179	OD 7+ de 1064 a 10600, YAG, CO2	ANSI Z87.1:2003	\$353
Radiación UV	Filtro #2, green	ANSI Z87.1: 2010 y CSA Z94.3:2007.	\$24,91	Filtro 400nm, Purple	No	\$2,9

Fuente: Bonilla, 2015.

En la cuadro comparativo anterior se cuentan marcados en color amarillo las recomendaciones brindadas al departamento de compras donde para rayos láser de tipo CO2 la opción 2 es la recomendada debido a la certificación, versus precio; para rayos láser de tipo Nd:YAG, la opción 1 es la recomendada debido a precio y para las emisiones de radiación ultravioleta la opción 1 es la recomendada por sus certificaciones.

Por otra parte se diseñaron y se encuentran incluidos en este PPR 16 cobertores de seguridad de los cuales 14 son para equipos de emisión de rayos láser y dos diseños diferentes para equipos de radiación UV (ver **Apéndice #6**) en los cuales se recomendó utilizar acrílicos con diferentes filtros para rayos láser y radiación UV. Esta recomendaciones deberán implementadas por parte del encargado de SO y A y la gerencia de mantenimiento según los establece el cronograma de trabajo, posteriormente a cada implementación se deberá hacer una reunión con los operarios, mecánicos y supervisores del equipo para que conozcan de su funcionamiento y de las ventajas de su correcto uso, de ser necesario se incluirá en procedimiento de trabajo seguro cualquier modificación debido a la mejora.

Características de cobertores de rayos láser para equipos emisores de tipo CO2

- Se utilizará un acrílico traslucido de 3.1mm de espesor con filtro OD 6 (densidad óptica) específico para 10.6nm de longitud de onda.

Figura 42. Acrílico con Filtro para Láser CO2



000.P5D05.5004

24"x24"x.125 D05 Window, Laser Safety Window

Price: \$124.50

SKU: 000p5d055004

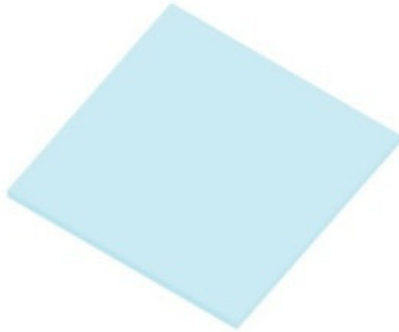
Quantity [Add to Cart](#)

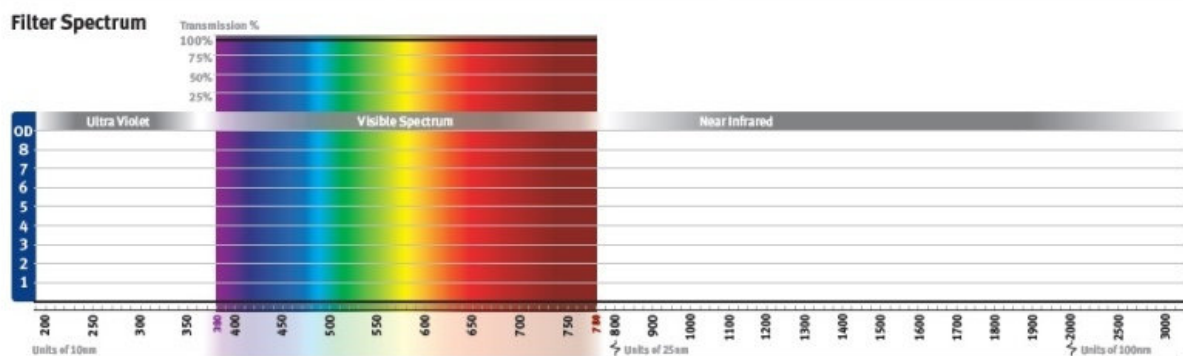
Specifications Sheet:



P5D05-Filter Specifications

	Model Information Color: Clear Material: Acrylic VLT: 90%	Filter OD Specifications OD 6+ @ 10600 nm	Lasers CO₂ (Carbon dioxide)	Application
---	--	--	---	---------------------------

laservision		Standard Specification Sheet - Window	REV: D	02/26/2014	Page: 1 of 1
Optical Density Specifications:		Window			
OD 6+ @ 10600 nm		P5D05			
		Material			
		Acrylic			
		Color			
		Clear			
		VLT			
		Photopic: 90%			
		Thickness			
		.125" +/- .02"			
		.250" +/- .02"			

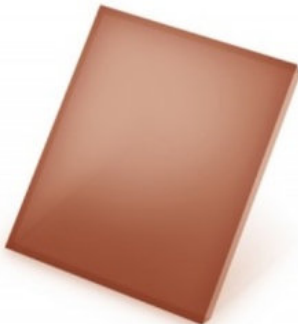


Fuente: Laser Vision, 2015.

Características de cobertores de rayos láser para equipo Convergent Nd:YAG

- Se utilizará un acrílico café translucido de 3.1mm de espesor con filtro OD 5 (densidad óptica) específico para 11nm de longitud de onda.

Figura 43. Acrílico con Filtro para Láser Nd:YAG .



000.P5P06.5002

12"x24"x.125 P06 Window, Laser Safety Window

Price: \$453.00

SKU: 000p5p065002

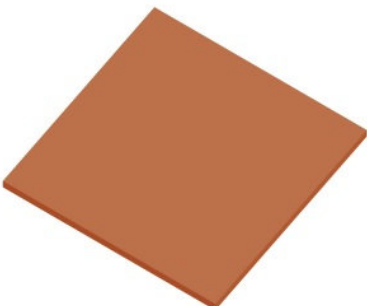
Quantity [Add to Cart](#)

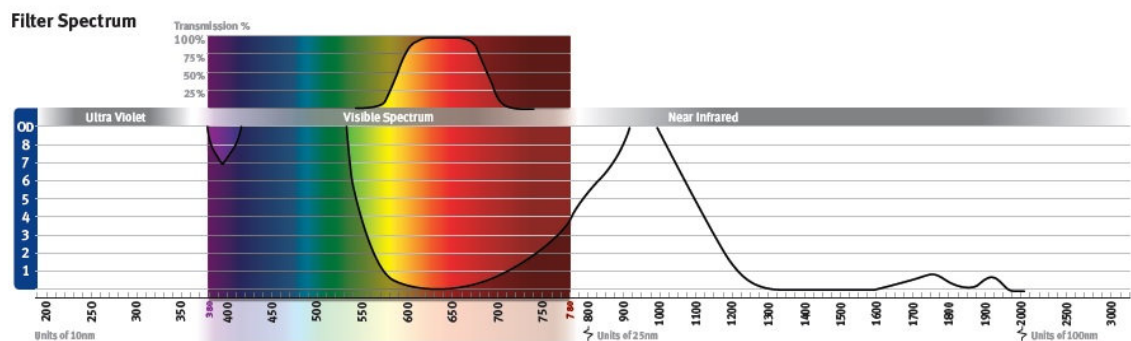
Specifications Sheet:



P5P06-Filter Specifications

Model Information	Filter OD Specifications	Lasers	Application
Color: Brown Material: Acrylic VLT: 6%	OD 5+ @ 190 - 375 nm OD 4+ @ 375 - 532 nm OD 4+ @ 900 - 1070 nm OD 5+ @ 1064 nm OD 5+ @ 10600 nm	Argon CO ₂ (Carbon dioxide) Diode Excimer Nd:YAG Nd:YAG (KTP, 2H)	

laservision Standard Specification Sheet - Window		REV: E	02/26/2014	Page: 1 of 1
Optical Density Specifications: OD 5+ @ 190 - 375 nm OD 4+ @ 375 - 532 nm OD 4+ @ 900 - 1070 nm OD 5+ @ 1064 nm OD 5+ @ 10600 nm	Window			
	P5P06			
	Material			
	Acrylic			
	Color			
	Brown			
	VLT			
	Photopic: 6%			
	Thickness			
	.125" +/- .02"			



Fuente: Laser Vision, 2015.

Características de cobertores de radiación ultravioleta

Para la fabricación de estos cobertores es requerido el uso de acrílico de color negro de mínimo 3mm de espesor, el cual evita el paso de la luz ultravioleta, también se pueden utilizar otros tipos de plástico de color, no es permitido el uso de acrílicos translucidos para la fabricación de estos cobertores.

Sistema de Enclavamiento de Cobertores

Todos los cobertores de seguridad propuestos deben contar con un sistema de enclavamiento, el cual debe ser instalado y programado de forma que al quitar el cobertor se envíe una señal o pulso electrónico, que interrumpa la energía de la fuente generadora de radiación y automáticamente se apague la emisión.

Figura 44.Enclavamiento o Interruptor de Seguridad para Cobertores (Safety Switches)

Key-Actuated Access Safety Switches



A

Ensure that your machine cannot operate when the guard door is open. These tamper-resistant switches come with a key that must be inserted into the switch before the machine can run. Switches are usually mounted to the door frame and the key is mounted to the door (fasteners not included). When the door is opened, the key is removed from the switch and the machine shuts down. Key can actuate from both the top and side of the switch. Contacts that switch from on to off (normally closed) are positive force. Switches have a thermoplastic housing and 1/2" NPT female conduit entry with screw terminals except 65665K25 has a 3-ft. cable.

Standard switches are UL listed and CE marked.

No. of Circuits	Before Switching, Circuit Is	Industry Designation	Amp Rating @			Input Voltage, AC/DC	Ht.	Wd.	Dp.	Mount. Hole Dia.	Environmental Rating	Each									
			120V AC	24V DC	AC/DC																
Standard Switches																					
Style A																					
2	1 Off, 1 On	DPST-1NO/1NC	5	2	500/250	/	3"	1"	1.1"	0.13"	IP67, NEMA 6	65665K32 \$93.94									

Product Detail

Key-Actuated Access Safety Switch, 5 Amps @ 120V AC, DPST-1NO/1NC

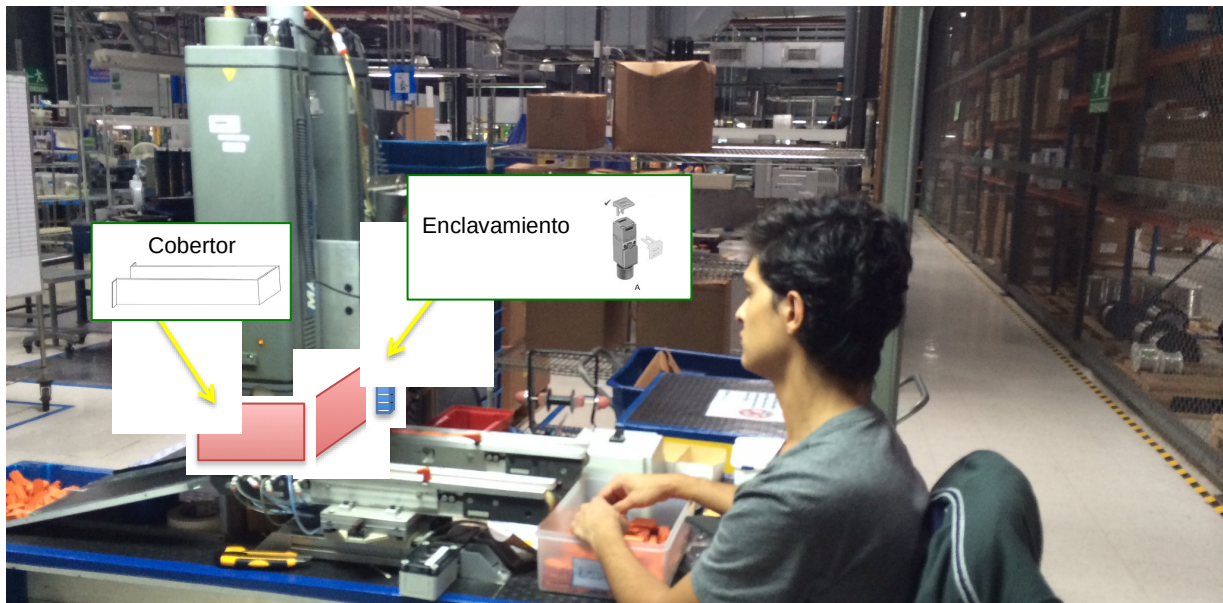
☐ Each

ADD TO ORDER

Fuente: Mc Masters, 2014.

En la **Figura 45** se observa de forma ilustrativa donde se instala el enclavamiento para el cobertor del equipo 5 pines, este *switch* debe funcionar de forma que si el operador o mecánico remueve el cobertor de su posición el equipo se detiene y no emitirá ninguna radiación hasta que el mismo se instalado nuevamente.

Figura 45. Ilustración de cobertor y enclavamiento láser 5 pines



Fuente: Bonilla 2015.

Toda instalación de cobertores y enclavamientos que se realice en los equipos debe ser probada y autorizada por el responsable de protección radiológica o la jefatura de SO y A. En el **apéndice #7** se observan diferentes ilustraciones con los montajes de los distintos cobertores recomendados y la ubicación de su respectivo enclavamiento.

Es importante rescatar que el *switch* recomendado *tiene compatibilidad con las fuentes emisoras y sus diferentes sistemas electrónicos, pero es posible que alguno de los casos exista la necesidad de añadir alguna placa metálica para el montaje o fijación al equipo.*

En los distintos procedimientos de trabajo descritos en el **apéndice #5** se podrán encontrar medidas de control ingenieriles, como por ejemplo el diseño del etiquetado y señalización de los equipos, los métodos de selección de equipos de protección personal, evaluación de puestos de trabajo y de vigilancia de las exposiciones, los cuales se menciona como controles administrativos por su tipo de gestión para ser implementados.

6. RESPUESTA A EMERGENCIAS

El Programa de Protección Radiológica estableció el procedimiento PPR-P-10 PROCEDIMIENTO ANTE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS (**ver apéndice #5**) como complemento al Plan de Emergencias de Trimpot Electrónicas Ltda., para la atención de posibles emergencias generadas por los equipos emisores de radiaciones. En este procedimiento se establecen las responsabilidades y acciones que se deben tomar ante una emergencia.

7. AUDITORIA DEL PPR

Parte de un buen funcionamiento del PPR es la auditoría de los procesos, actividades y equipos, dado que ayudan a la efectividad y la eficiencia del uso de las radiaciones en Trimpot Electrónicas Ltda., la empresa avanza rápido en el cambio de tecnologías en sus procesos por el que un buen mantenimiento de este programa es importante para evitar posibles accidentes o enfermedades laborales derivadas de los equipos emisores.

Frecuencia y responsabilidad de proceso de auditoria

- El PPR establece que el proceso de auditoría se realizará de forma semestral a nivel interno en la empresa con responsabilidad en la Gerencia de Recursos Humanos y de forma anual por personal externo de la empresa, ya sea una empresa acreditada o el responsable de protección radiológica.
- Se podrá auditar el PPR si se han realizado cambios importantes en los procedimientos, condiciones estructurales o funcionales del PPR, como una reorganización importante o enmiendas en los procedimientos.
- Las auditorias podrán realizarse también por solicitud de la entidad competente en Costa Rica o por solicitud del encargado de protección radiológica.

Esta auditoría deben contemplar los siguientes aspectos:

- Revisión de registros al día.
- Cumplimiento de procedimiento de trabajo en las áreas de trabajo.
- Verificación de capacitación del personal, mediante registro o evidencia en el puesto de trabajo.
- Verificación de Uso de EPP y estado de los equipos.
- Verificación de aplicación de evaluaciones de seguridad y de la vigilancia radiológica.
- Revisión de estructura organizacional y cumplimiento de funciones.

La Gerencia de Recursos Humanos revisará en conjunto con la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente los resultados con la finalidad de precisar y corregir los problemas administrativos y de dirección que puedan impedir el logro de los objetivos del programa. El informe final de la auditoría del programa debe ser presentado en la revisión anual de resultados de Trimpot Electrónicas Ltda.

8. PRESUPUESTO

La implementación del PPR conlleva la asignación de recursos humanos, económicos y tecnológicos, donde la asignación es responsabilidad de la Gerencia General, a continuación se presenta un cuadro con los costos de implementar todas las medidas administrativas e ingenieriles propuestas.

Cuadro 25. Costos de implementación del Programa de Protección Radiológica

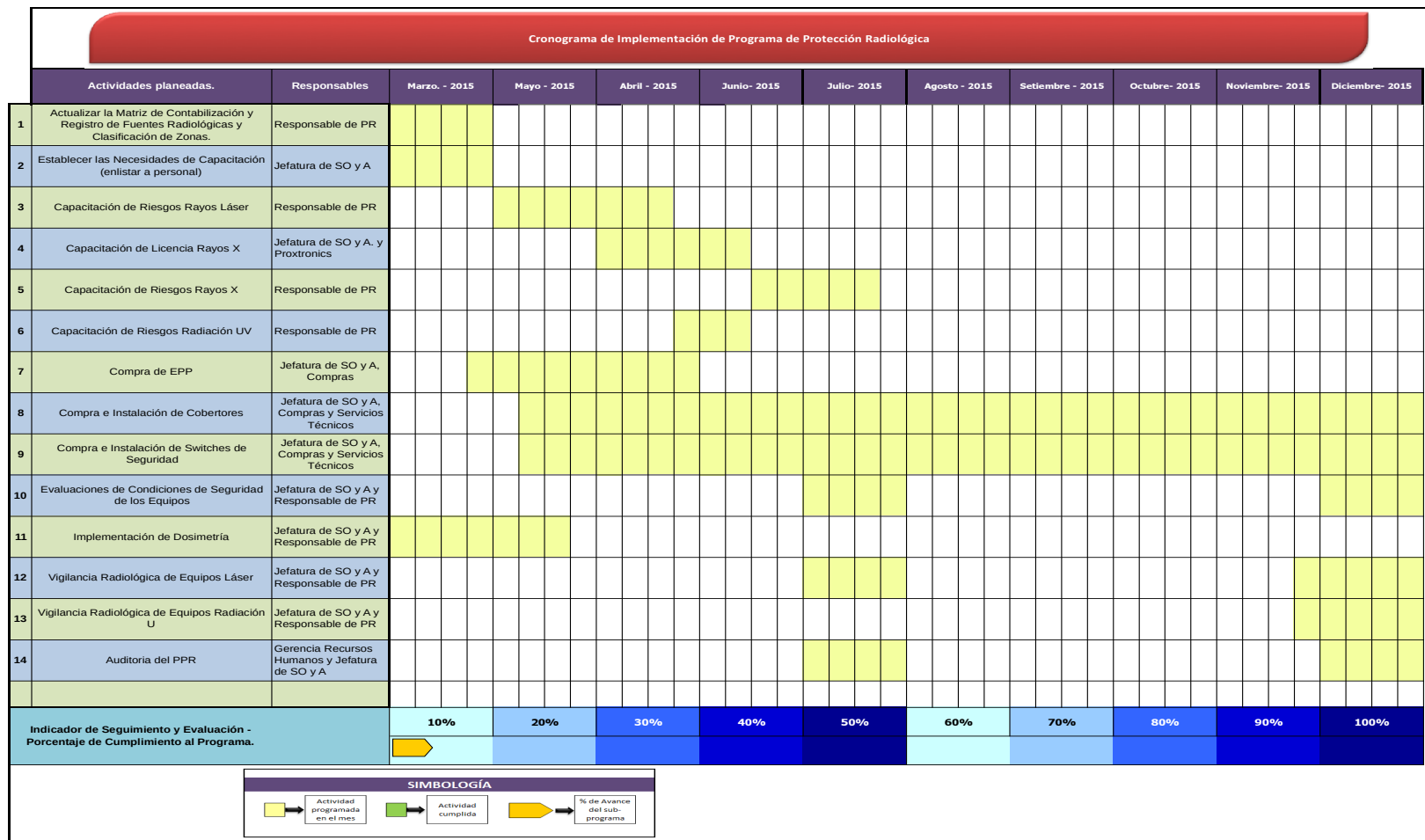
Costos de Implementación de Programa de Protección Radiológica						
Actividad	Recursos	Proveedor/ Fuente de Costo	Costo Unitario	Cantidad	Costo Final	Costo por Actividad
Elaboración de Cobertores de Seguridad	Acrílico UV	Panaplast/Laser Protección	₡35.500	2	₡71.000	
	Acrílico Láser Nag:Yad	Laser Safety Web	₡244.620	2	₡489.240	
	Acrílico Láser Co2	Laser Safety Web	₡68.000	12	₡816.000	
	Costos de Fabricación Unitario	Inversiones Señaliza	₡25.000	18	₡450.000	
	Sistema de Enclavamiento	Mc Master	₡45.450	18	₡818.100	
	Instalación de Cobertores	Trimpot Electrónicas Ltda	₡12.500	15	₡187.500	₡2.831.840
Sistemas de Enclavamiento de Cobertores	Sistema de Enclavamiento Sensores	Mc Master	₡45.450	18	₡818.100	
	Instalación de Sensores	Trimpot Electrónicas Ltda.	₡125.000	15	₡1.875.000	₡2.693.100
Anteojos EPP Láser CO 2	Costo Anteojos	Laser Safety Web	₡53.500	13	₡695.500	₡695.500
Anteojos EPP Láser NAG	Costo Anteojos	Laser Safety Web	₡153.450	2	₡306.900	₡306.900
Anteojos EPP UV	Costo Anteojos	Uvprocess Web	₡15.950	10	₡159.500	₡159.500
Dosimetría Anual	Dosimetría	Proxtronics	₡65.000	12	₡780.000	₡780.000
Capacitación Rayos X	Curso Básico de Protección Radiológica	Proxtronics	₡44.000	21	₡924.000	
	Curso Avanzado de Protección Radiológica	Proxtronics	₡330.000	1	₡330.000	
	Tiempo de Trabajadores	Trimpot Electrónicas Ltda	₡15.000	22	₡330.000	
	Entrenamiento Interno en Uso de Equipos	Trimpot Electrónicas Ltda	₡75.000	1	₡75.000	
	Materiales	Trimpot Electrónicas Ltda	₡125.000	1	₡125.000	₡1.784.000
Capacitación Rayos Láser	Costo Capacitación	Diego Bonilla	₡75.000	1	₡75.000	
	Tiempo de Trabajadores	Trimpot Electrónicas Ltda	₡6.000	35	₡210.000	
	Materiales	Trimpot Electrónicas Ltda	₡115.000	1	₡115.000	₡400.000
Capacitación Radiación UV	Costo Capacitación	Diego Bonilla	₡75.000	1	₡75.000	
	Tiempo de Trabajadores	Trimpot Electrónicas Ltda	₡6.000	35	₡210.000	
	Materiales	Trimpot Electrónicas Ltda	₡85.000	1	₡85.000	₡370.000
Costo Final					₡10.020.840	

Fuente: Bonilla, 2015.

9. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.

Se establece el periodo de 1 año para la implementación del PPR y sus diferentes medidas de control, en el siguiente esquema tipo Gantt se encontraran las actividades a realizar.

Cuadro 26. Cronograma de implementación de PPR



Fuente: Bonilla, 2014.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La empresa debe contar con un encargado de protección radiológica asesore y apoye el proceso de implementación del programa de protección radiológica, además que sea el representante técnico ante el Ministerio de Salud.
- El cumplimiento de procesos de vigilancia radiológica y evaluación de los puestos son importantes para el control de posibles sobreexposiciones de los trabajadores y del funcionamiento de las medidas de protección.
- Aplicar los procesos de auditoría que son la base del seguimiento y verificación de implementación del PPR y de las medidas de control recomendadas.
- Es importante que el departamento de Servicios Técnicos incorpore en los nuevos diseños de máquinas y puestos de trabajo las recomendaciones de seguridad radiológica propuestas en el PPR.
- Con la implementación del PPR la empresa podrá gestionar la seguridad radiológica de forma adecuada, como fin fundamental el evitar efectos a la salud de sus trabajadores.
- La incorporación en los puestos de trabajo con riesgos radiológicos los procedimientos de trabajo seguros y el proceso de capacitación, contribuye de forma considerable en la reducción de los niveles de exposición y principalmente disminuye la posible ocurrencia de accidentes.
- El contenido del PPR debe revisarse por el responsable de protección radiológica cada año con la finalidad de actualizar temas de normas, legislación y cronogramas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AIHA.(2013). NONIONRAD-UVRadiationQuickReferenceGuide. USA [en línea]. Disponible en:
<https://www.aiha.org/get-involved/VolunteerGroups/Documents/NONIONRAD-UVRadiationQuickReferenceGuide.pdf>
- BIS, (1993). Thermoluminescence dosimetry systems For personal and environmental Monitoring. IEC 1066: 1991. New Delhi, India. [en línea]. Disponible en:
<https://law.resource.org/pub/in/bis/S04/is.13883.1993.pdf>
- BSI (2007), Safety for Laser Products. European Standard EN 60825-1:2007. British Standard [en línea]. Disponible en:
<http://www.bristol.ac.uk/nsqi-centre/healthandsafety/nsqi-laser/lasersafetybs.pdf>
- CISTEMA-SURATEP. (2004), Radiaciones [en línea]. Disponible en:
<http://www.arlsura.com/images/stories/documentos/radiaciones.pdf> [2014, 8 Marzo].
- García J. (2005). Nuevas tendencias para evaluar la Exposición Laboral a la Radiación, MAPFRE SEGURIDAD N°104, 35-46.
- IAEA (2011). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Safety Standards. Interim Edition, Austria, 2011
- ICPR (2007). Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica Publicación 103. España: Senda Editorial S.A.
- ICNIPR.(2007). Protecting Workers from Ultraviolet Radiation. ISBN 978-3-934994-07-2. Germany Printed by DCM, Meckenheim. [en línea]. Disponible en:
http://www.who.int/uv/publications/Protecting_Workers_UV_pub.pdf
- ICNIPR, 2010. Protection of workers against Ultraviolet Radiation. Health physics Society.
- Laser Institute of America (2007). American National Standard for Safe Use of Lasers ANSI Z136.1-2007. USA, ANSI
- Ministerio de Salud (1995) . "Reglamento sobre Protección Contra Radiaciones Ionizantes" Decreto N°24037-S. Costa Rica
- Nui, S. (2011). Protección de los Trabajadores frente a la Radiación. Suiza: OIT
- LaDou J, (1999). MEDICINA LABORAL Y AMBIENTAL (2ª ED.). México, Editorial Manual Moderno.

- OIEA, (1997). Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. OIEA, Viena.
- OIEA, (2004). *Protección radiológica Ocupacional* No RS-G-1.1. Austria: OIEA
- OIEA, (2013). Seguridad radiológica en la radiografía Industrial N° SSG-11. Austria: OIEA
- Pérez, V. (2011). Guía para la Evaluación de la Exposición a Radiaciones Ópticas Artificiales[en línea].:
www.fundacionprevent.com/app/webroot/news/BecasFormacion/memorias/VI-Edicion-2011-12-Guia-para-la-evaluacion-de-la-exposicion-a-radiaciones-opticas-artificiales-Virginia-Perez.pdf [2014, 26 Julio].
- Proxtronic (2009). Conceptos Básicos de Radiación. [en línea] Disponible en: www.ProxtronicCR.com [2009, 13 enero].
- Suarez H, (1996). Radiaciones No Ionizantes INSAT. [en línea] Disponible en: <http://www.sld.cu/> [2014, 18 junio].
- UTRPA, (2011).The ultraviolet radiation safety program at the University Toronto. [en línea]
<http://www.ehs.utoronto.ca/Assets/ehs+Digital+Assets/ehs3/rad/U+of+T+UV+safety+program.pdf>
- Velasco (2004). SEGURIDAD EN EL TRABAJO CON LÁSERES Protección ocular contra radiaciones láser. España

VI. APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta Higiénica Rayos Láser

Características del Láser		
Habrador	Modelo	# Serie
Longitud de Onda	Potencia Máx.	Díametro Láser
Tipo de Láser	Frecuencia	MPE
Categoría de Riesgo Láser	Límite de Exposición MPE	
Observaciones		
Puesto de Trabajo		
Departamento	Modelos o Área	Puesto
Superficies Reflectantes	Ángulos de Visión	Distancias del Trabajador
Tiempo de Exposición	Jornada Laboral	
Diagrama o fotografía de Exposición con dimensiones		
Otros Riesgos (Vapores, incendio, Eléctrico, etc)		
Observaciones		

Equipo de Protección Personal Y Medidas de Control
--

Equipo de Protección Personal Usado en el Área

--

Cobertores, Pantallas y Bloqueos de Seguridad

--

Medidas de Seguridad Administrativas

--

Características de Etiquetado

--

Fuente: Bonilla, 2014.

Apéndice 2. Encuesta Higiénica Rayos X

Fabricante

Modelo

Serie

Tipo de Ray X

Cantidad de Trabajadores Expuestos

Potencia

Observaciones

Puesto de Trabajo

Departamento

Modelo o Área

Puesto

Función de Trabajador en el Puesto

Inspeccionar los materiales

Tiempo de Exposición

Jornada Laboral

Límites de Exposición Ocupacional

Reportes de Efectos a la Salud

Procedimientos de Trabajo Seguros

Diagrama o fotografía de puesto de trabajo

Condiciones de Infraestructura (Aislamientos, paredes, etc.)

Otros Riesgos (Incendio, Eléctrico, mecánico, etc)

--

Observaciones

--

Equipo de Protección Personal Y Medidas de Control

Equipo de Protección Personal Usado en el Área (Ojos, Cara, Manos, otra parte del cuerpo)

--

Cobertores, Pantallas y Bloqueos de Seguridad

--

Características de Etiquetado

--

Fuente: Bonilla, 2014.

Apéndice 3. Encuesta Higiénica Radiación UV

Fabricante	Modelo	# Serie
Longitud de Onda	Cantidad de Trabajadores Expuestos	Tipo de Lámpara
Potencia		

Observaciones

Puesto de Trabajo

Departamento	Modelo o Área	Puesto
Función de Trabajador en el Puesto		
Tiempo de Exposición	Jornada Laboral	Límites de Exposición Ocupacional

Reportes de Efectos a la Salud

Existencia de Fotosensibilidad Personal o Colectiva

Ubicaciones del Trabajador en el puesto de Trabajo

Diagrama o fotografía de puesto de trabajo con dimensiones

Codiciones Especiales de Infraestructura

--

Otros Riesgos (Vapores, Incendio, Eléctrico, etc)

--

Observaciones

--

Equipo de Protección Personal Y Medidas de Control

Equipo de Protección Personal Usado en el Área (Ojos, Cara, Manos, otra parte del cuerpo)

--

Cobertores, Pantallas y Bloqueos de Seguridad

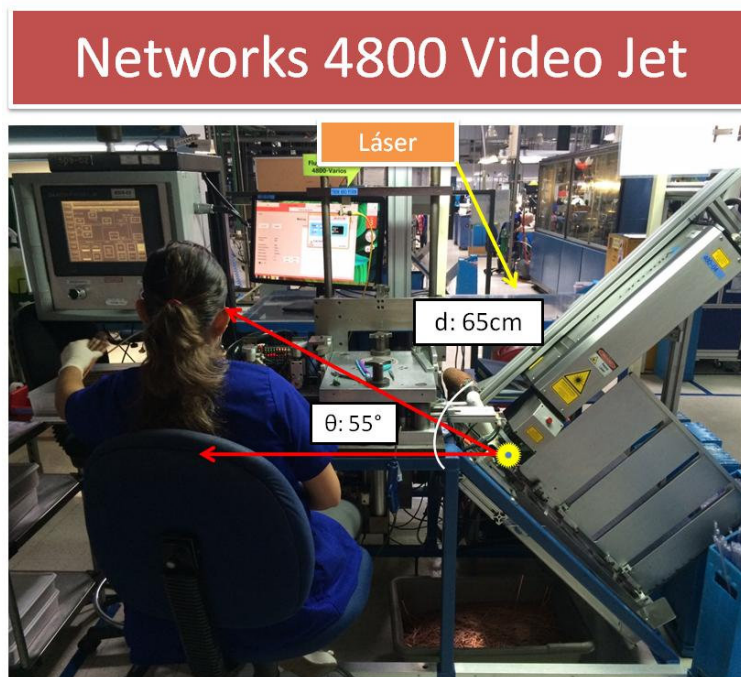
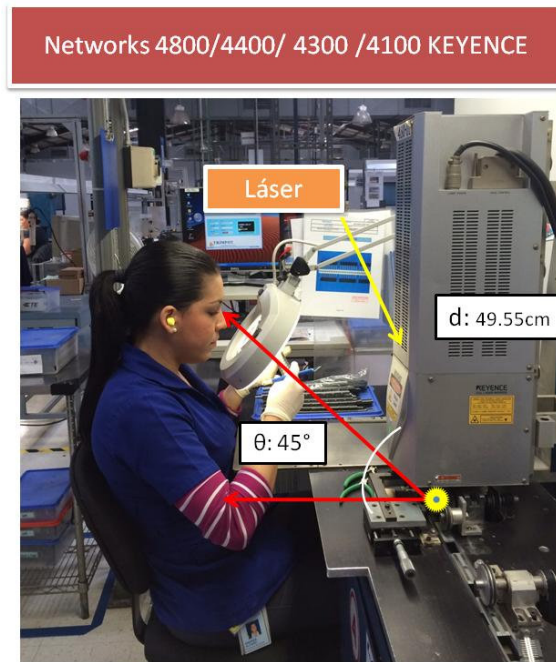
--

Características de Etiquetado

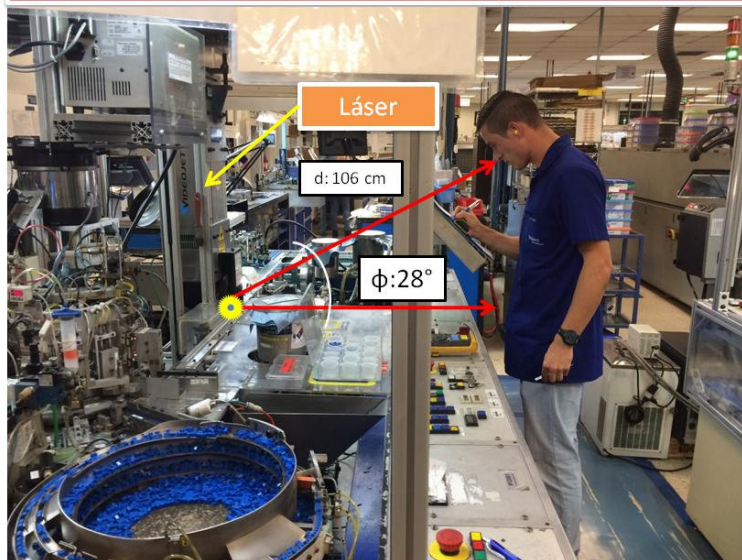
--

Fuente: Bonilla, 2014.

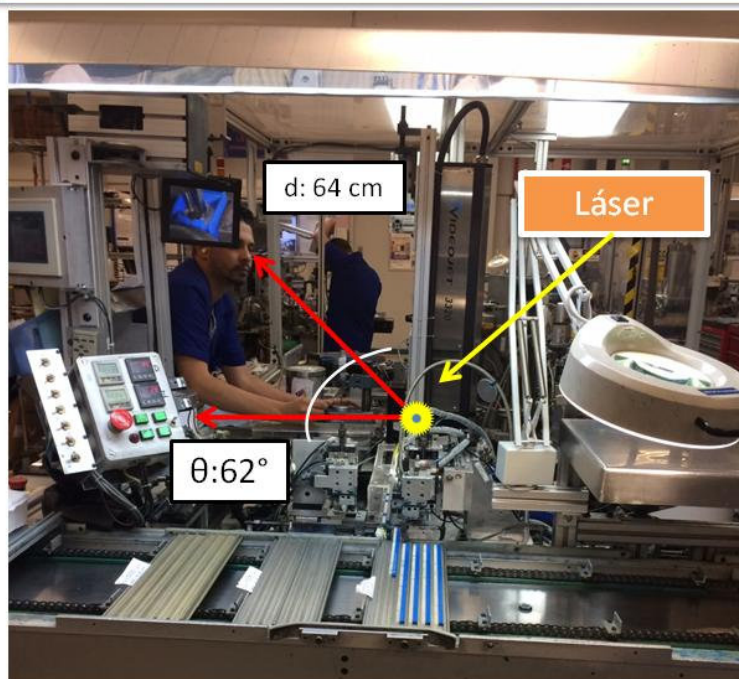
Apéndice 4. Ilustraciones de las fuentes de rayos láser y determinación de ángulos de visión



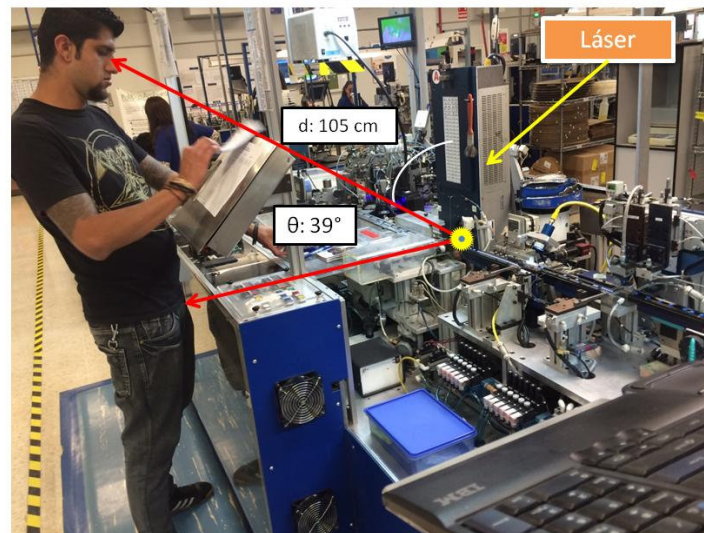
SP's 3362 / 3362 / 3399



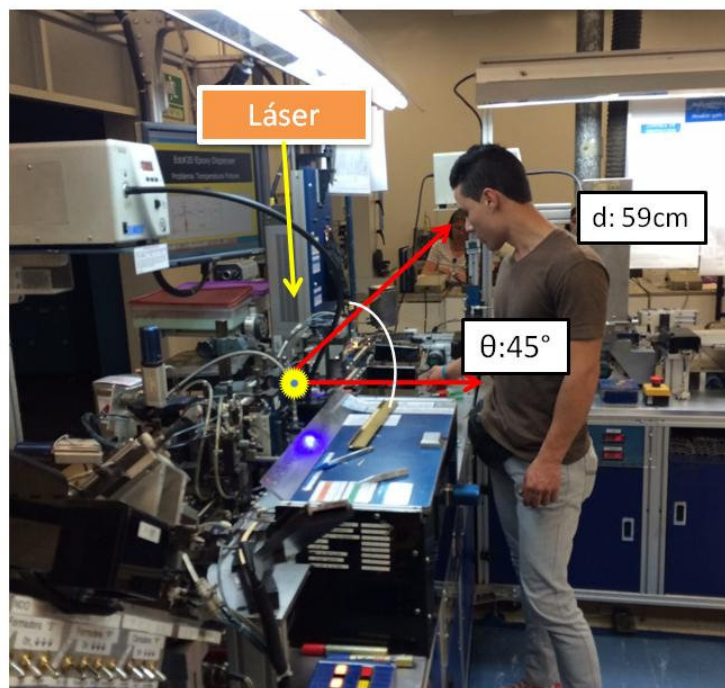
SP's 3386/3396



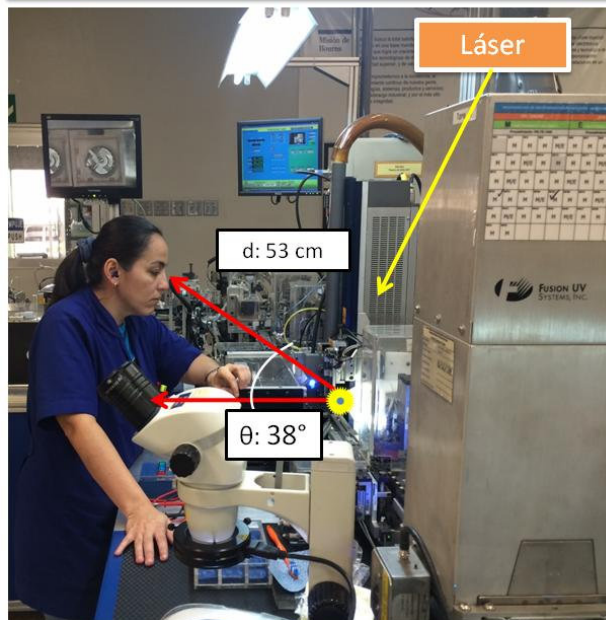
SP Familia



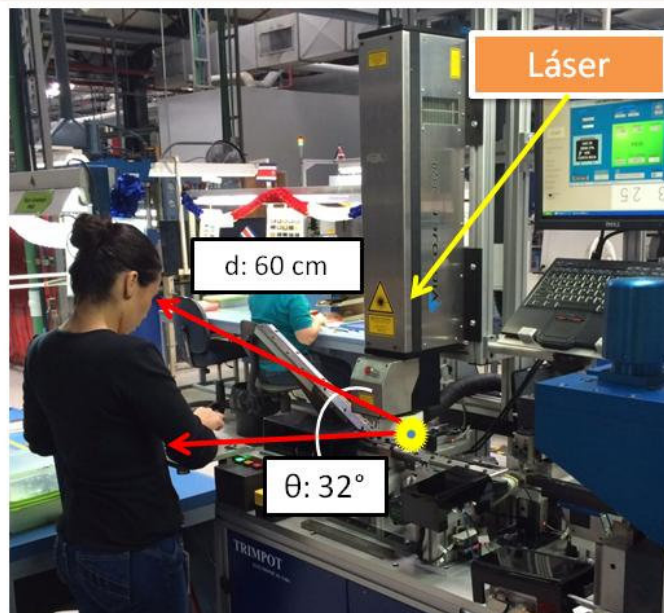
SP 3361



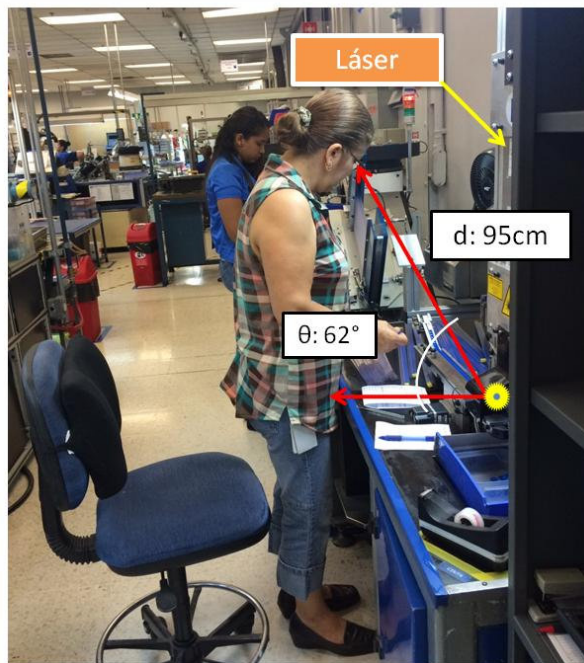
SP 3324



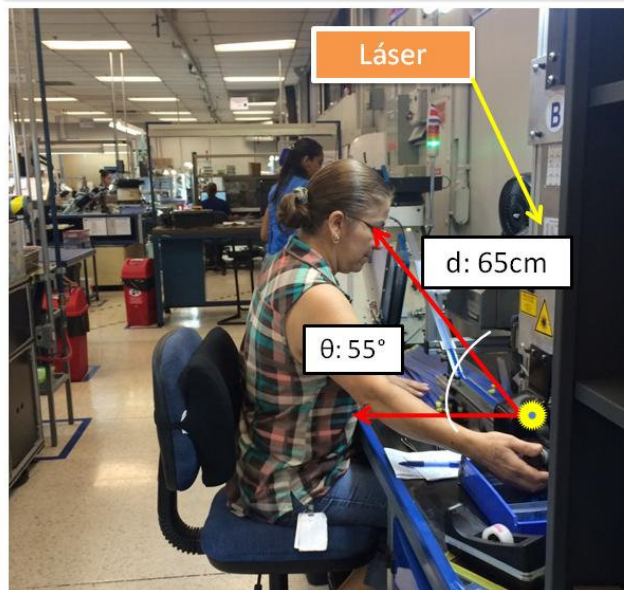
Power Resistor



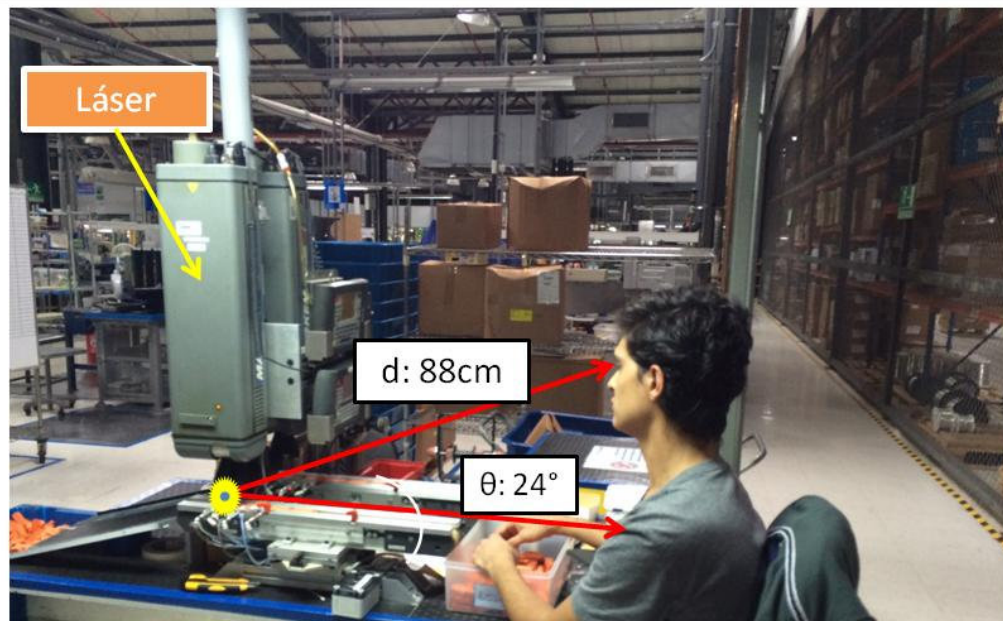
Modelo 3386 de Pie



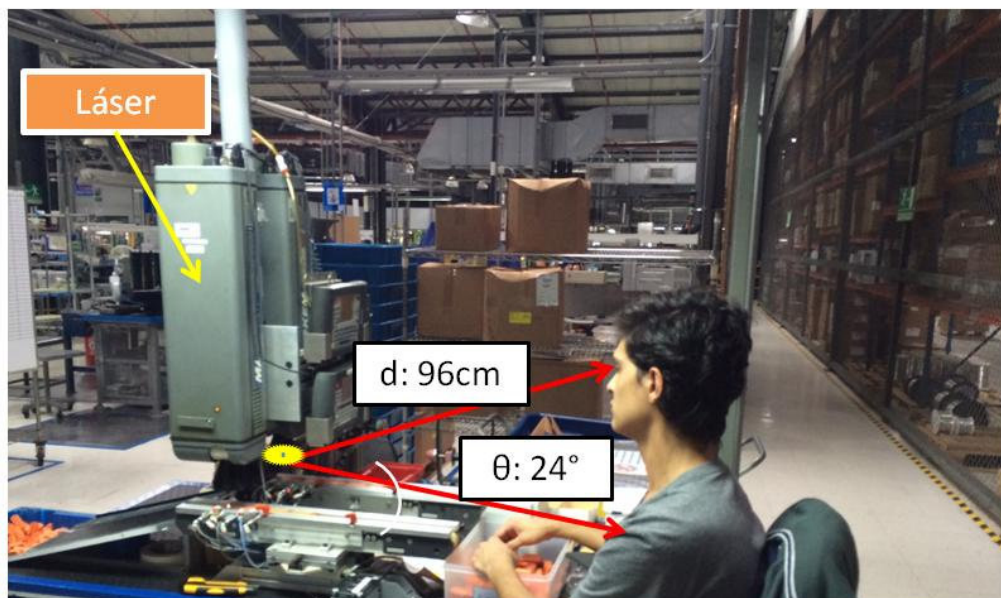
Modelo 3382 Sentada



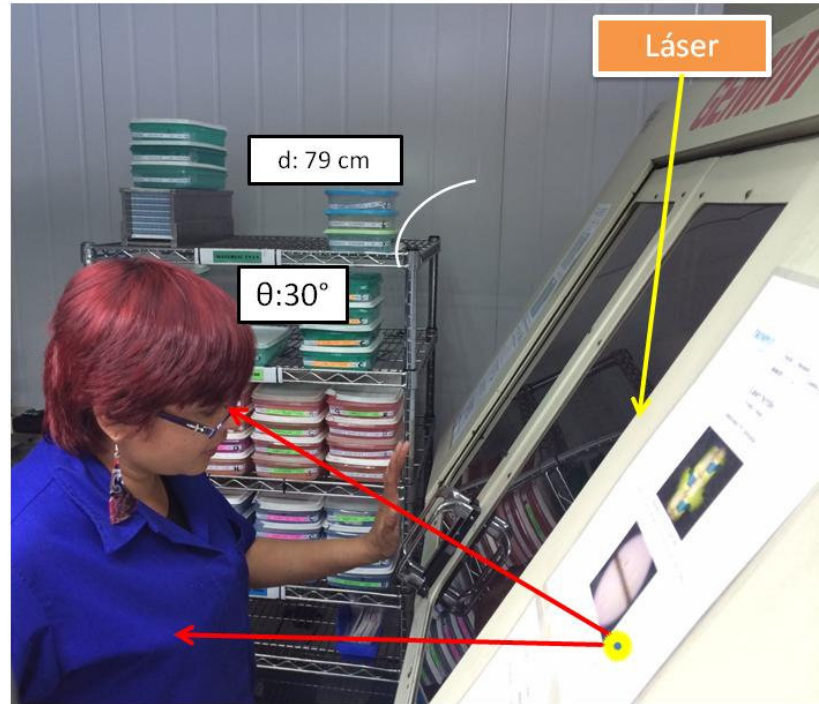
GDT



GDT



Covergent Energy



Fuente: Bonilla, 2014.

Apéndice 5. Procedimientos de PPR

1. Objetivo

Evaluar las condiciones de seguridad radiológicas en las instalaciones emisoras de radiaciones de Trimpot Electrónicas Ltda., para la finalidad de conocer el cumplimiento de las normas y determinar controles necesarios.

2. Documentación

PPR -R-01	Matriz de Contabilización de Fuentes Radiológicas
PPR-LV-01	Lista de Verificación de Condiciones de Seguridad Rayos X
PPR-LV-02	Lista de Verificación de Condiciones de Seguridad Rayos Láser
PPR-LV-03	Lista de Verificación de Condiciones de Seguridad Radiación UV
PPR-R-02	Evaluaciones de Condiciones de Seguridad Radiológica

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente y del Responsable de Protección Radiológica el cumplimiento de este procedimiento

4. Procedimiento

4.1. Frecuencia de evaluación de las condiciones de seguridad

La aplicación de la lista de verificación de las condiciones de seguridad para las distintas fuentes emisoras debe ser realizadas por la Jefatura de SO y A en coordinación con el responsable de protección radiológica con la siguiente frecuencia o cada vez que ocurra lo siguiente:

- 4.1.1. Zona supervisada debe evaluarse anualmente
- 4.1.2. Zona controlada debe evaluarse semestralmente
- 4.1.3. Cada nuevo Ingreso debe evaluarse
- 4.1.4. Cada traslado o remodelación de la infraestructura
- 4.1.5. Cada sustitución de equipo
- 4.1.6. En caso de accidente o enfermedad laboral o reporte del consultorio médico.
- 4.1.7. Caso de cambio de trabajador

4.2. Evaluación de las condiciones de seguridad, fuentes de rayos X

	Título: Procedimiento de Evaluación de la Seguridad Radiológica.	Cód: PPR-P-01 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

de trabajos seguros, capacitación u otros) puede significar un riesgo potencial para el trabajador y de ser necesario detener el equipo para la corrección inmediata con la finalidad de que el equipo se opere con las condiciones mínimas de seguridad para beneficio del trabajador.

4.2.6. Los no cumplimientos de los equipos deben ser integrados en un plan de trabajo el cual se debe elaborar por parte del evaluador y debe ser entregado al supervisor o gerente de área para su implementación.

4.3. Evaluación de fuentes emisoras de rayos láser

El total fuentes emisoras de rayos láser que se encuentran registradas y clasificadas en la matriz de contabilización de fuentes radiológicas PPR-R-01 (ver **Cuadro 18**) deben ser evaluadas según un plan de trabajo preestablecido por la jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, con la frecuencia mencionada en el punto 4.1 de la siguiente forma:

- 4.3.1. La evaluación debe ser realizada por la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente en conjunto con el encargado de protección radiológica.
- 4.3.2. La evaluación debe ser realizada en el lugar de trabajo y con el equipo operando.
- 4.3.3. Se aplica la Lista de Verificación de la Norma ANSI Z 136.1. -2014, Control *Measures for the Seven Laser Classes*. PPR-LV-02 (ver Anexo 1), respondiendo Sí, No o No aplica a las condiciones mencionadas.
- 4.3.4. Los porcentajes de cumplimiento obtenidos se tabulan en el registro en PPR-R-02 Evaluaciones de Condiciones de Seguridad Radiológica(ver Cuadro 24).
- 4.3.5. Es criterio del evaluador si el no cumplimiento de algunas de las condiciones puede significar un riesgo potencial para el trabajador y de ser necesario detener el equipo para la corrección inmediata.
- 4.3.6. Los no cumplimientos de los equipos deben ser integrados en un plan de trabajo el cual se debe elaborar por parte del evaluador y debe ser entregado al supervisor o gerente de área para su implementación.

4.4. Evaluación de condiciones de seguridad de fuentes emisoras de radiación UV.

El total fuentes emisoras de radiación UV que se encuentran registradas y clasificadas en la Matriz de Contabilización de Fuentes Radiológicas PPR-R-01 (ver **Cuadro 20**) deben ser evaluadas según un plan de trabajo preestablecido por la jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, con la frecuencia mencionada en el punto 4.1 de la siguiente forma:

- 4.4.1. La evaluación debe ser realizada por la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente en conjunto con el encargado de protección radiológica.
- 4.4.2. La evaluación debe ser realizada en el lugar de trabajo y con el equipo operando.
- 4.4.3. Se aplica la Lista de verificación UV *Radiation Safety Program at the University of Toronto* PPR-LV-03 (ver Anexo 3), respondiendo Sí, No o No aplica a las condiciones mencionadas.
- 4.4.4. Los porcentajes de cumplimiento obtenidos se tabulan en el registro en PPR-R-02 Evaluaciones de Condiciones de Seguridad Radiológica (ver Cuadro 24).
- 4.4.5. Es criterio del evaluador si el no cumplimiento de algunas de las condiciones puede significar un riesgo potencial para el trabajador y de ser necesario detener el equipo para la corrección inmediata.
- 4.4.6. Los no cumplimientos de los equipos deben ser integrados en un plan de trabajo el cual se debe elaborar por parte del evaluador y debe ser entregado al supervisor o gerente de área para su implementación.

4.5. Presentación de resultados a la dirección

Anualmente la Jefatura de Salud Ocupacional en conjunto con el responsable de protección radiológica debe presentar un resumen del estado de los equipos a nivel protección radiológica en cual debe contener como mínimo:

- 4.5.1. Total de fuentes evaluadas en el año
- 4.5.2. Porcentajes de cumplimiento
- 4.5.3. Avance contra última evaluación
- 4.5.4. Recomendaciones generales y específicas
- 4.5.5. Plan de evaluación del próximo periodo

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Determinar la exposición ocupacional de los trabajadores expuestos a fuentes emisoras de Rayos X, Rayos Láser y Radiación UV en los procesos productivos de Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

PPR -R-01	Matriz de Contabilización de Fuentes Radiológicas
PPR-R-03	Dosimetría Personal de Rayos X
PPR-R-04	Exposición Radiante Visual Difusa a Rayos Láser y NHZ
PPR-R-05	Irradiancia y Tiempos de Exposición a Radiación UV

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente y del responsable de protección radiológica el cumplimiento de este procedimiento.

4. Procedimiento

4.1. Vigilancia de radiológica de rayos X

4.1.1. Frecuencia de vigilancia radiológica rayos

La vigilancia radiológica para rayos X es continua y debe ser realizada en las siguientes condiciones o cada vez que ocurra lo siguiente:

- En la zona supervisada se realizará dosimetría a un trabajador por puesto de trabajo o a la instalación de forma continua.
- En una zona controlada se debe evaluar a todo el personal expuesto de forma continua.
- En caso de que ocurra un accidente o enfermedad laboral o reporte del consultorio médico.

4.1.2. Dosimétrica rayos X

- El responsable de protección radiológica asignará el operador al cual se le realizará la dosimetría.

	Título: Procedimiento de Vigilancia Radiológica.	Cód: PPR-P-02 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- A cada trabajador asignado se le asignará de forma mensual un dosímetro de cuerpo entero y en el caso del personal asignado que opere el equipo FIXI, se le asignará adicionalmente un dosímetro para extremidad superior (dosímetro tipo anillo).
- El trabajador debe colocarse el dosímetro de cuerpo entero en la bolsa de su gabacha de trabajo durante toda la jornada laboral.
- El trabajador es responsable del cuidado y uso adecuado del dosímetro.
- En caso de extravío debe ser reportado inmediatamente al supervisor y a la Jefatura de Salud Ocupacional para su remplazo.
- El uso del dosímetro de anillo debe ser utilizado en el pulgar o índice de la mano contraria a la que alimenta el equipo.
- El dosímetro debe ser almacenado fuera del área de trabajo y lejos de cualquier otra fuente emisora de radiación, se recomienda el *locker* preferiblemente en un lugar visible, no es necesario almacenarlo en ningún estuche.
- La jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente coordinará con la empresa contratada para brindar el servicio de dosimetría, el cambio mensual de los dosímetros y la recepción de los datos obtenidos.
- Mensualmente la empresa contratada deberá emitir un informe de dosimetrías realizadas, el cual es recibido por la Jefatura de SO y A y revisado en conjunto con el responsable de protección radiológica.
- Los datos obtenidos deben ser documentados por la Jefatura de SO y A en el Registro de Dosimetría Personal de Rayos X PPR-R-03. (ver **Cuadro 28**).

Cuadro 28. Registro de Dosimetría Personal de Rayos X

Dosimetría de Rayos X					
	Nombre	# de Céd	Profundo (mSv)	Ojo(mSv)	Límite de Dosis Cuerpo Entero (mS/anual)
1					20
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Dosimetría de Mano (superficial)					Superficial (mSv)
1					
2					
3					
4					
					Límite de Dosis Superficial (mS/mes)
					500

Fuente: Bonilla, 2015.

- La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente y el Responsable de Salud Ocupacional en conjunto con la empresa contratada para los servicios de Dosimetría deberá analizar el resultado obtenido o brindar recomendaciones para evitar sobreexposiciones de los trabajadores.
- De forma mensual la Jefatura de Salud Ocupacional y la supervisión le comunicarán los resultados a los operadores.

4.2. Vigilancia de Radiológica de Rayos Láser

4.2.1. Frecuencia de la vigilancia radiológica a rayos láser

La vigilancia radiológica para rayos Láser debe ser realizadas en las siguientes condiciones o cada vez que ocurra lo siguiente:

- La zona supervisada (Láseres de nivel de 1 a 3A) no se les realiza vigilancia radiológica.
- La zona controlada (Láseres de nivel 3B y 4) debe evaluarse anualmente.
- Cada vez que se realice un rediseño de puesto.
- Cada vez que se realice un cambio de trabajador.
- Cada vez que se realice un Ingreso, traslado y sustitución de equipo
- En caso de accidente o enfermedad laboral o reporte del consultorio médico.

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA.	Título: Procedimiento de Vigilancia Radiológica.	Cód: PPR-P-02 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	---	---

4.2.2. Determinación de exposición difusa a rayos láser de los trabajadores a nivel visual y *Nominal Hazard Zone* (NHZ)

- La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente o el responsable de protección radiológica deberá medir o recolectar en el puesto de trabajo:
 - Distancia del trabajador a la fuente.
 - Ángulo entre la superficie de impacto del láser y los ojos del trabajador.
 - Potencia del equipo
 - MPE (LEO) de la norma (Límite de Exposición Ocupacional).
- Con los datos obtenidos se utilizará la fórmula "Ley de Lambert" para calcular la exposición radiante difusa a la cual está expuesto el trabajador.

Figura 10. Fórmula de Exposición Radiante Difusa "Ley de Lambert"

$$H = \frac{\rho_{\lambda} Q \cos \theta_v}{\pi r_1^2}$$

Fuente: ANSI Z136.1:2007

- Con los datos obtenidos además se usará la fórmula *Nominal Hazard Zone* (NHZ) para calcular la distancia segura de cada puesto de trabajo.

Figura 11. Fórmula *Nominal Hazard Zone* (NHZ)

$$r_{\text{NHZ}} = \sqrt{\frac{\rho_{\lambda} \Phi \cos \theta_v}{\pi \text{MPE}}}$$

Fuente: ANSI Z136.1:2007.

- Calculada la exposición radiante y NHZ, se documentará en el Registro de Exposición Radiante Visual Difusa a Rayos Láser y NHZ PPR-R-04. (ver Cuadro 29)

Cuadro 29. Registro de Exposición Radiante Visual Difusa a Rayos Láser y NHZ

Evaluación de Exposición Radiante y NHZ							
	Equipo	Fecha	Angulo (°)	Exposición Radiante (mj/cm2)	LEO (mj/cm2)	Distancia (cm)	NHZ (cm)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Fuente: Bonilla 2015

- La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente y el responsable de salud ocupacional deberán analizar los resultados obtenidos y brindar de ser necesarias recomendaciones a las Gerencias de Área para así evitar exposiciones no deseadas de los trabajadores.

4.3. Vigilancia radiológica a radiación UV
4.3.1. Frecuencia de vigilancia radiológica a radiación UV

La vigilancia radiológica para puestos donde se emita radiación UV debe ser realizada en las siguientes condiciones o cada vez que ocurra lo siguiente:

- Las zona supervisadas y controladas de forma anual.
- Cada vez que se realice un rediseño de puesto.
- Cada vez que se realice un cambio de bulbo o lámpara.
- Para probar la eficiencia de un cobertor de seguridad.
- Cada vez que se realice un Ingreso, traslado y sustitución de equipo.
- En caso de accidente o enfermedad laboral o reporte del consultorio médico.

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA.	Título: Procedimiento de Vigilancia Radiológica.	Cód: PPR-P-02 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	---	---

4.3.2. Determinación de irradiancia y tiempos de exposición a radiación UV

- La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente o el responsable de protección radiológica es el encargado de determinar la irradiancia y/o tiempos de exposición permitidos.
- La determinación se realiza utilizando el radiómetro UV *light meter uva/b* - 850009 *Sper Scientific*, calibrado.
- Se establecen los puntos de medición previamente.
- Se enciende el equipo, se calibra en cero.
- Se toman durante 4 horas una medición cada 30 minutos para un total de 8 mediciones por punto seleccionado.
- Se tabularán los datos obtenidos y se calculará la media de las evaluaciones, la cual será comparada contra el Límite Exposición Ocupacional (LEO) de cada uno de los puntos.
- De ser necesario se calcularán los tiempos de exposición máximos para un trabajador expuesto a la radiación UV obtenida.

Figura 46. Cálculo de tiempos de exposición a radiación UV

$$t_{max} (s) = (10\ 000\ J\ m^{-2}) / E_{uva} (W\ m^{-2}) \quad [4]$$

NOTE: It is of interest that ACGIH applies the UVA limit expressed as a total radiant exposure only up to 1000 s (16.7 min), and limits the total irradiance to $10\ W\ m^{-2}$ ($1\ mW\ cm^{-2}$) for periods greater than 1000 s. It follows that for continuous 8 h exposure, the radiant exposure limit of $10\ 000\ J\ m^{-2}$ is equivalent to $10\ W\ m^{-2}$ following the ACGIH guidelines and to $0.3\ W\ m^{-2}$ following ICNIRP. The more conservative ICNIRP guideline reflects a concern for potential photochemical effects in the lens for lengthy exposures while the ACGIH guideline was primarily set to preclude thermal effects.

Fuente: ICNIPR, 2011.

- La información obtenida se documentará en el Registro “PPR-R-05 Irradiancia y Tiempos de Exposición a Radiación UV” (ver Cuadro 30)

	Título: Procedimiento de Vigilancia Radiológica.	Cód: PPR-P-02 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

Cuadro 30. Irradiancia y tiempos de exposición a radiación UV”

Irradiancia y Tiempos de Exposición a Radiación UV					
Medición	Equipo	Fecha	Media (mw/cm ²)	LEO (ACGIH)	Tiempo Permitido (min)
1				1mw/cm ²	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Fuente: Bonilla, 2015.

- La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente y el Responsable de Salud Ocupacional deberán analizar los resultados obtenidos y brindar recomendaciones de ser necesarias a las Gerencias de Área para así evitar exposiciones no deseadas de los trabajadores.

5. Control de cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Brindar los lineamientos de seguridad para la operación de los equipos emisores de rayos X de Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

PPR -R-01	Matriz de Contabilización de Fuentes Radiológicas
PPR-R-03	Dosimetría Personal de Rayos X
PPR-R-08	Listado de Capacitación de Personal de PPR

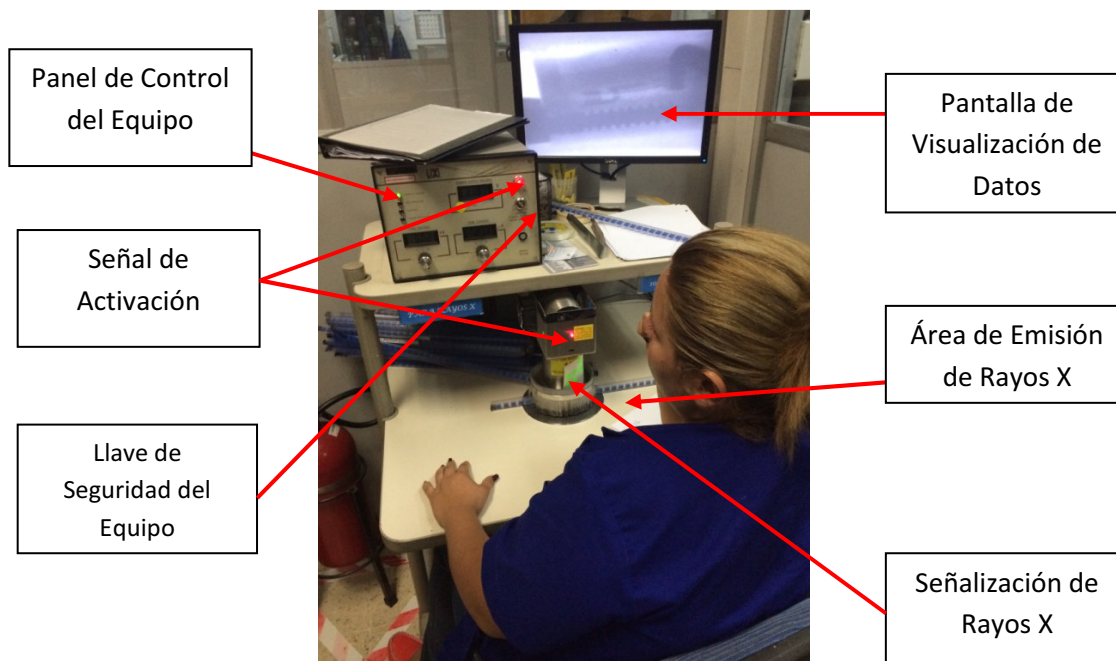
3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, supervisores y operarios del cumplimiento de este procedimiento.

4. Procedimiento

4.1. Operación Segura de Equipo de Rayos X marca LIXI Floruscopía modelo LF-85-500 OSL.

Figura 47. Partes de Equipo LIXI



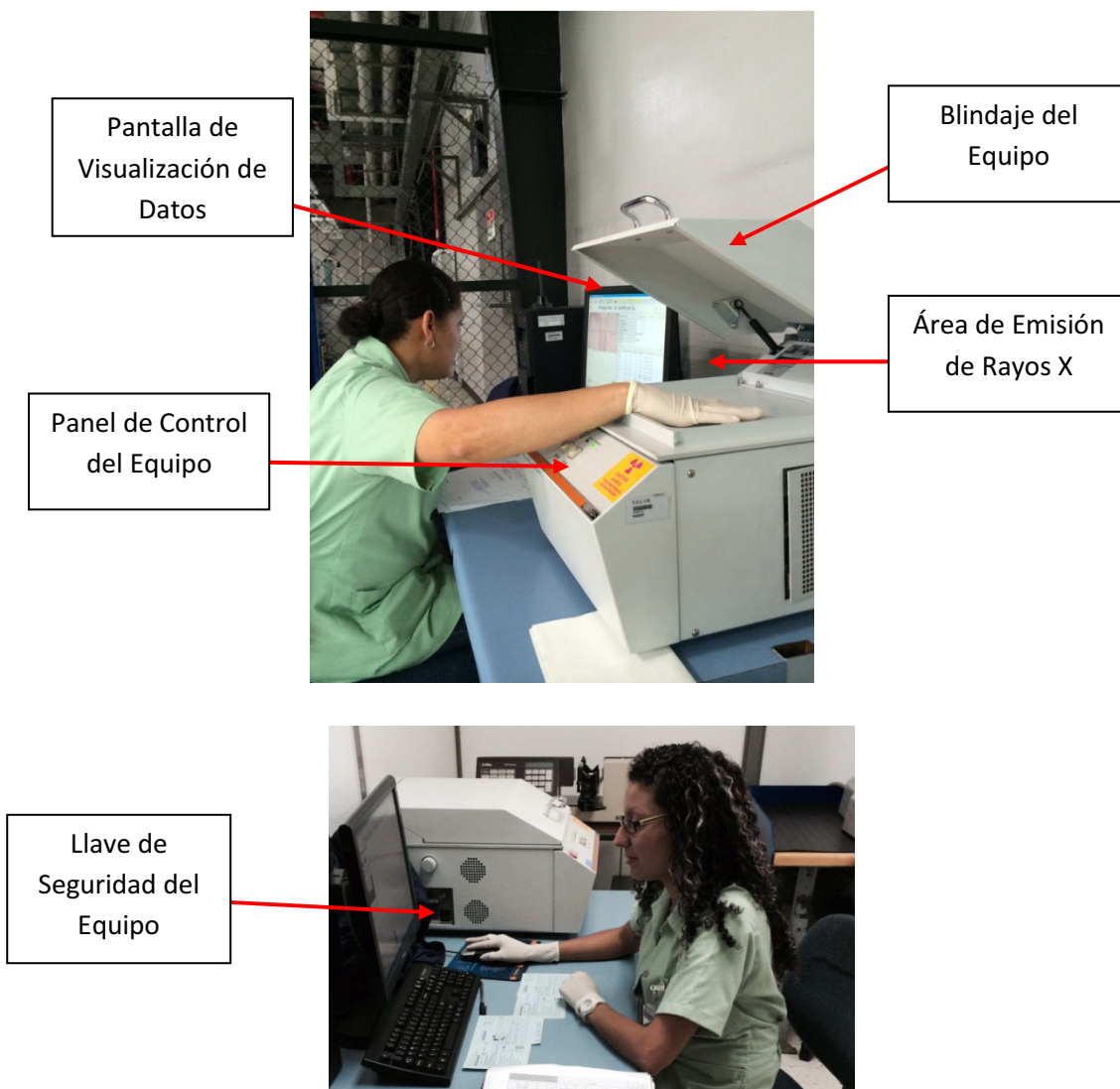
Fuente: Bonilla 2015

	Título: PROCEDIMIENTO DE USO SEGURO DE EQUIPOS DE RAYOS X	Cód: PPR-P-03 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- 4.1.1. El trabajador que opere este equipo debe contar con el Curso Básico de Protección Radiológica, emitido por una autoridad competente y el adiestramiento especial para el equipo.
- 4.1.2. Si se encuentra en período de embarazo no opere este equipo, informe inmediatamente a su supervisor.
- 4.1.3. Para operar el equipo colóquese siempre el dosímetro de cuerpo entero y de mano.
- 4.1.4. El trabajador debe realizar una revisión visual del equipo para buscar que no existan golpes y que todos los protectores o blindajes se encuentre ubicados correctamente.
- 4.1.5. Coloque la llave en la ranura (ver Figura 47).
- 4.1.6. Encienda el equipo girando la llave a *ON* y presionado el botón de encendido
- 4.1.7. Revise el panel y verifique que no de ninguna alarma o luz de precaución(ver Figura 47).
- 4.1.8. Aliste el material a revisar.
- 4.1.9. Coloque el material en el área de revisión.
- 4.1.10. NO introduzca la mano dentro del área de emisión del rayo.
- 4.1.11. Aleje sus manos y cuerpo lo más posible del área de emisión.
- 4.1.12. Presione el pedal para accionar el rayo X.
- 4.1.13. Al terminar el material asignado apague el equipo girando la llave a *OFF*.
- 4.1.14. Quite y guarde la llave en el lugar asignado por su supervisor.
- 4.1.15. De observar algún problema por mínimo que sea al operar este equipo infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.

4.2. Operación Segura de Equipo de Rayos X marca Fischer Fhisherscope modelo XMDVM-T7.1W.

Figura 48. Partes de Fischer Fhisherscope modelo XMDVM-T7.1W.



Fuente: Bonilla 2015

4.2.1. Para operar este equipo el trabajador debe contar con el Curso Básico de Protección Radiológica, emitido por una autoridad competente y el adiestramiento especial para el equipo.

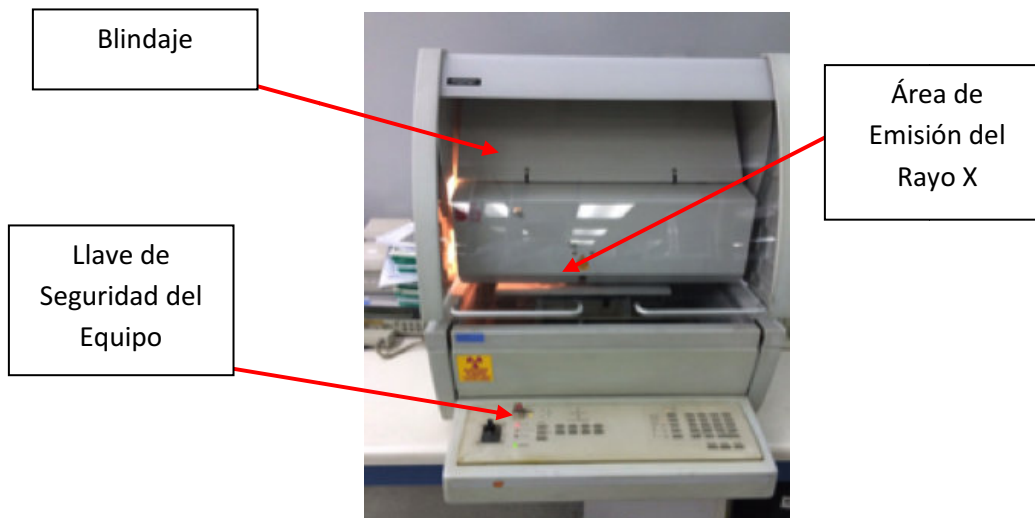
4.2.2. Si se encuentra en período de embarazo no opere este equipo, informe inmediatamente a su supervisor.

	Título: PROCEDIMIENTO DE USO SEGURO DE EQUIPOS DE RAYOS X	Cód: PPR-P-03 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- 4.2.3. El trabajador debe colocarse siempre el dosímetro de cuerpo entero para operar el equipo.
- 4.2.4. El trabajador debe realizar una revisión visual del equipo para verificar que no cuente con golpes y que se encuentren colocados todos los protectores o blindajes.
- 4.2.5. Coloque la llave en la ranura (ver Figura 48).
- 4.2.6. Encienda el equipo girando la llave a *ON* y presionado el botón de encendido.
- 4.2.7. Revise el panel y verifique que no de ninguna alarma o luz de precaución(ver Figura 48).
- 4.2.8. Aliste el material a revisar.
- 4.2.9. Levante el Blindaje.
- 4.2.10. Coloque el material en el área de revisión.
- 4.2.11. Cierre el blindaje.
- 4.2.12. Presione el botón para accionar el rayo X.
- 4.2.13. NO presione el botón con el blindaje abierto.
- 4.2.14. Al terminar el material asignado apague el equipo y gire la llave a *OFF*.
- 4.2.15. Quite y guarde la llave en el lugar asignado por su supervisor.
- 4.2.16. De observar algún problema por mínimo que sea al operar este equipo infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.

4.3. Operación Segura de Equipo de Rayos X marca Fischer, modelo XMDVM.

Figura 49. Partes de Fischer Fisherscope modelo XMDVM



Fuente: Bonilla 2015

- 4.3.1. Para operar este equipo el trabajador debe contar con el Curso Básico de Protección Radiológica, emitido por una autoridad competente y el adiestramiento especial para el equipo.
- 4.3.2. Si se encuentra en período de embarazo no opere este equipo, informe inmediatamente a su supervisor.
- 4.3.3. El trabajador debe colocarse siempre el dosímetro de cuerpo entero para operar el equipo.
- 4.3.4. El trabajador debe realizar una revisión visual del equipo para verificar que no cuente con golpes y que todos los protectores o blindajes se encuentren bien instalados.
- 4.3.5. Coloque la llave en la ranura (ver Figura 49).
- 4.3.6. Encienda el equipo girando la llave a *ON* y presionado el botón de encendido.
- 4.3.7. Revise el panel y verifique que no de ninguna alarma o luz de precaución(ver Figura 48).
- 4.3.8. Aliste el material a revisar.
- 4.3.9. Levante el Blindaje.

	Título: PROCEDIMIENTO DE USO SEGURO DE EQUIPOS DE RAYOS X	Cód: PPR-P-03 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- 4.3.10. Coloque el material en el área de revisión.
- 4.3.11. Cierre el blindaje.
- 4.3.12. Presione el botón para accionar el rayo X.
- 4.3.13. NO presione el botón con el blindaje abierto.
- 4.3.14. Al terminar el material asignado apague el equipo y gire la llave a *OFF*.
- 4.3.15. Quite y guarde la llave en el lugar asignado por su supervisor.
- 4.3.16. De observar algún problema por mínimo que sea al operar este equipo infórmelo inmediatamente al supervisor o al responsable de protección radiológica.

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

	Título: PROCEDIMIENTO DE USO SEGURO DE EQUIPOS DE RAYOS LÁSER	Cód: PPR-P-04 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

1. Objetivo

Brindar los lineamientos de seguridad para la operación de los equipos emisores de Rayos Láser de Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

PPR-R-08	Listado de Capacitación de Personal de PPR
----------	--

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, supervisores y operarios del cumplimiento de este procedimiento.

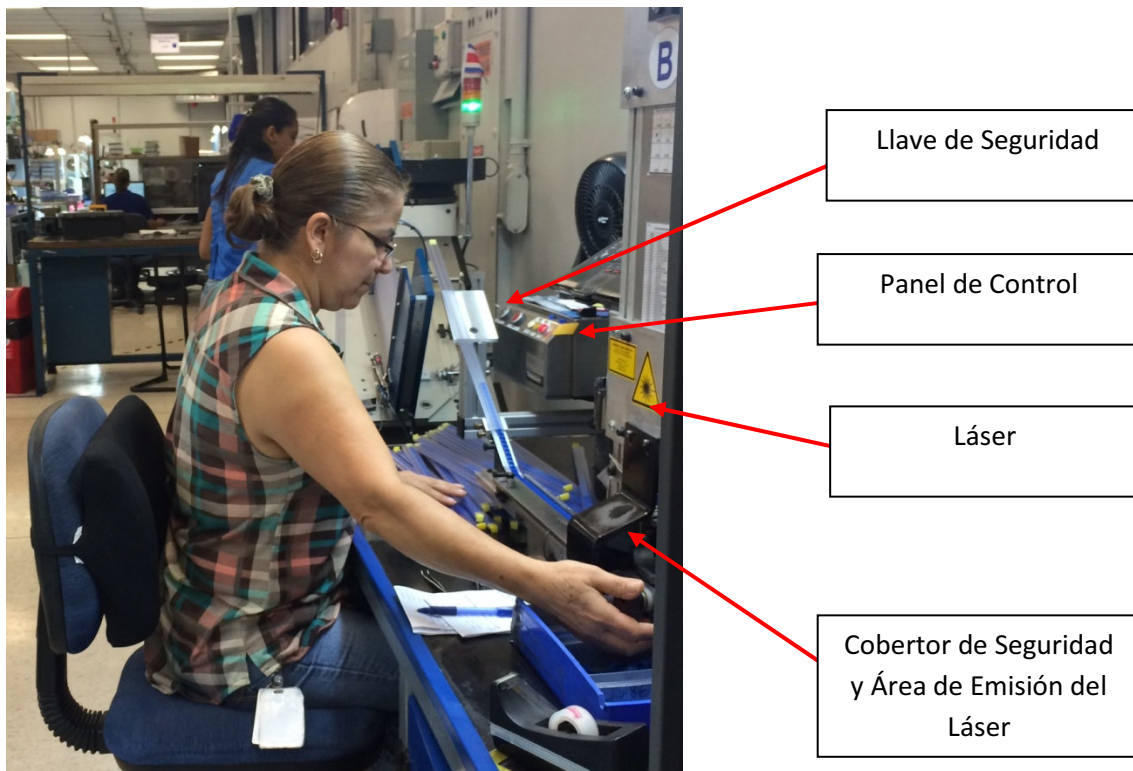
4. Procedimiento

4.1. Operación Segura de Equipos de Rayos Láser CO2

- 4.1.1. Para operar este equipo el trabajador debe estar capacitado en Medidas de Seguridad en Rayos Láser, brindado por el responsable de protección radiológica o por un experto en la materia y el adiestramiento especial para el equipo.
- 4.1.2. El trabajador debe realizar una revisión visual del equipo y verificar que no cuente con golpes y que se encuentren colocados correctamente todos los protectores o blindajes de seguridad.
- 4.1.3. Coloque la llave en la ranura (ver Figura 50).
- 4.1.4. Encienda el equipo girando la llave a *ON* y presionado el botón de encendido
- 4.1.5. Revise el panel y verifique que no de ninguna alarma o luz de precaución(ver Figura 50).
- 4.1.6. Coloque el material en el alimentador.
- 4.1.7. Colóquese los anteojos de seguridad para rayos láser de no existir cobertores con filtros certificados.
- 4.1.8. Mantenga alejadas sus manos y cuerpo lo más posible del área de emisión.
- 4.1.9. No remueva o bloquee el cobertor de seguridad o sistema de enclavamiento por ninguna razón.
- 4.1.10. Evite siempre mirar la emisión del rayo.

- 4.1.11. Al terminar el material asignado apague el equipo girando la llave a *OFF*.
- 4.1.12. Quite y guarde la llave en el lugar asignado por su supervisor.
- 4.1.13. De observar algún problema por mínimo que sea al operar este equipo infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.

Figura 50. Partes de Láser de CO2.



Fuente: Bonilla, 2015.

4.2. Operación Segura de Equipos de Rayos Láser Nag:Yad

- 4.2.1. Para operar este equipo el trabajador debe estar capacitado en Medidas de Seguridad en Rayos Láser, brindado por el responsable de protección radiológica o por un experto en la materia y el adiestramiento especial para el equipo.
- 4.2.2. El operador diariamente debe realizar una revisión visual del equipo para verificar de que no cuente con golpes y que cuente con todos los protectores o blindajes de seguridad instalados correctamente.
- 4.2.3. Coloque la llave en la ranura (ver Figura 51).

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA.	Título: PROCEDIMIENTO DE USO SEGURO DE EQUIPOS DE RAYOS LÁSER	Cód: PPR-P-04 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- 4.2.4. Encienda el equipo girando la llave a *ON* y presionado el botón de encendido
- 4.2.5. Revise el panel y verifique que no de ninguna alarma o luz de precaución.
- 4.2.6. Abra las puertas y coloque el material.
- 4.2.7. Colóquese los anteojos de seguridad para rayos láser de no existir cobertores con filtros certificados.
- 4.2.8. Mantenga alejadas sus manos y cuerpo lo más posible del área de emisión.
- 4.2.9. No quite o bloquee el cobertor de seguridad.
- 4.2.10. Evite siempre mirar la emisión del rayo.
- 4.2.11. Al terminar el material asignado apague el equipo girando la llave a *OFF*.
- 4.2.12. Quite y guarde la llave en el lugar asignado por su supervisor.
- 4.2.13. De observar algún problema por mínimo que sea al operar este equipo infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.

Figura 51. Partes de Láser Nag:Yad



Fuente: Bonilla 2015

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Brindar los lineamientos de seguridad para la operación de los equipos emisores de Radiación Ultravioleta de Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

PPR-R-08

Listado de Capacitación de Personal de PPR

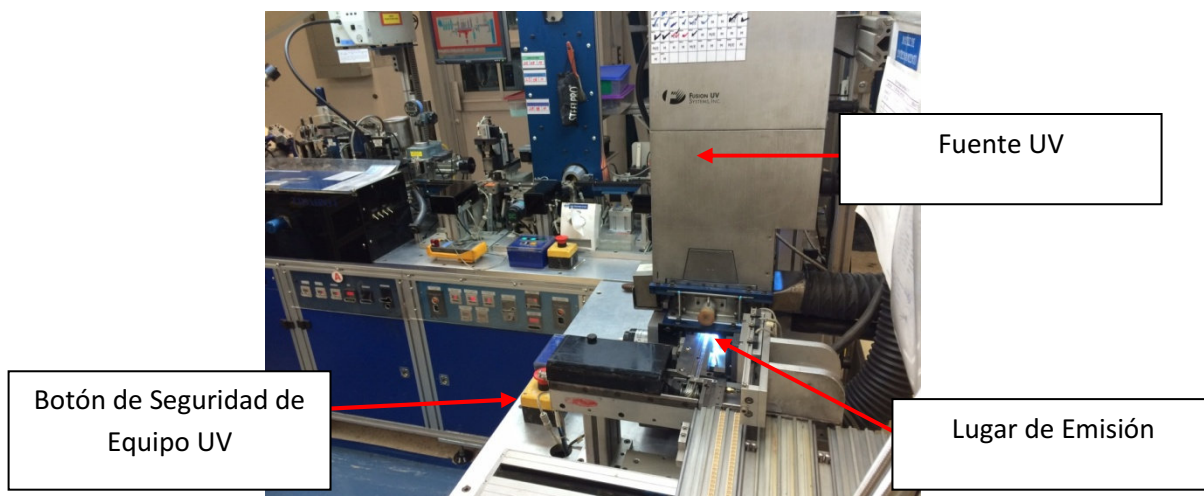
3. Responsables

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, supervisores y operarios del cumplimiento de este procedimiento.

4. Procedimiento

4.1. Operación Segura de Equipos de Emisores de Radiación UV de FUSIÓN.

Figura 52. Partes de Equipos de Emisores de Radiación UV de FUSIÓN



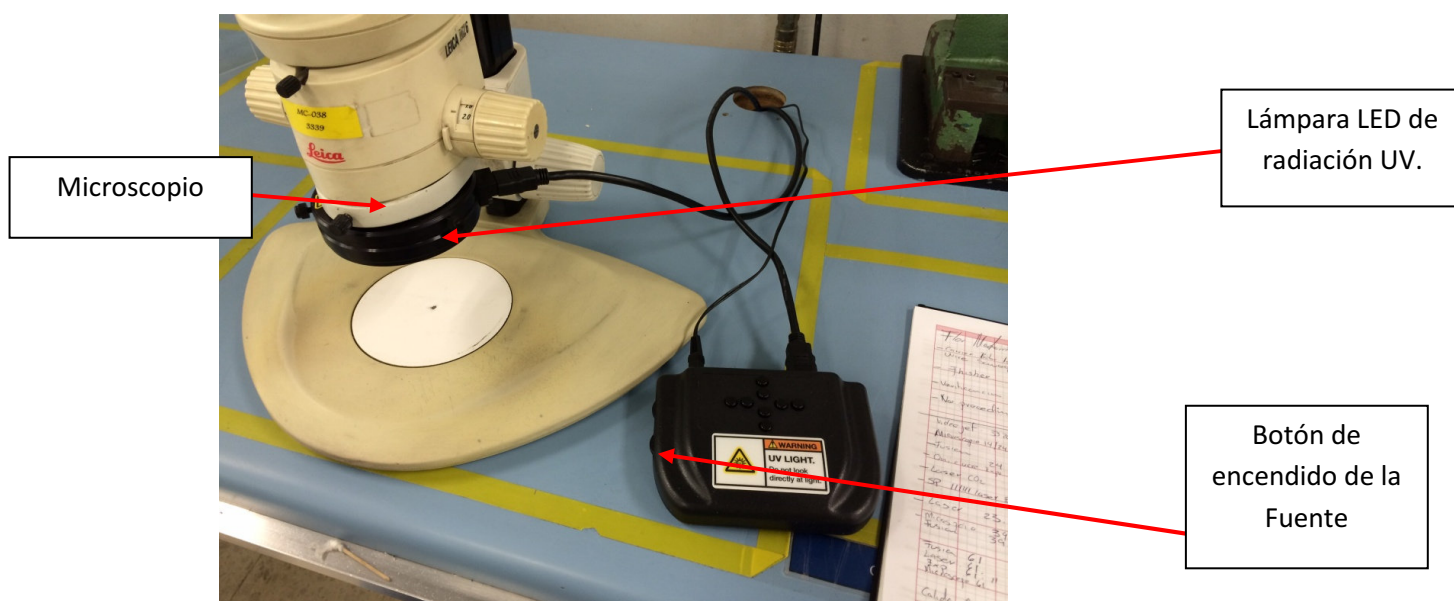
Fuente: Bonilla 2015

- 4.1.1. Para operar este equipo el operario debe estar capacitado en Medidas de Seguridad en Operación de Radiación Ultravioleta, brindado por el responsable de protección radiológica o por un experto en la materia y el adiestramiento especial para el equipo.

- 4.1.2. El operario diariamente debe realizar una revisión visual de que el equipo no cuente con golpes y que todos los protectores o blindajes de seguridad se encuentren instalados correctamente.
- 4.1.3. Presione el botón de encendido para activar la fuente.
- 4.1.4. Colóquese los anteojos de seguridad para radiación Ultravioleta de no existir cobertores con filtros certificados o para realizar alguna prueba especial.
- 4.1.5. No remueva o bloquee el cobertor de seguridad o sistema de seguridad.
- 4.1.6. No introduzca ningún material en el lugar de la emisión ultravioleta.
- 4.1.7. Evite siempre mirar la emisión de la radiación UV.
- 4.1.8. Apague la fuente al terminar el material asignado.
- 4.1.9. De observar algún problema, por mínimo que sea al operar este equipo, infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.

4.2. Operación Segura de Equipos de Radiación UV Microscopio.

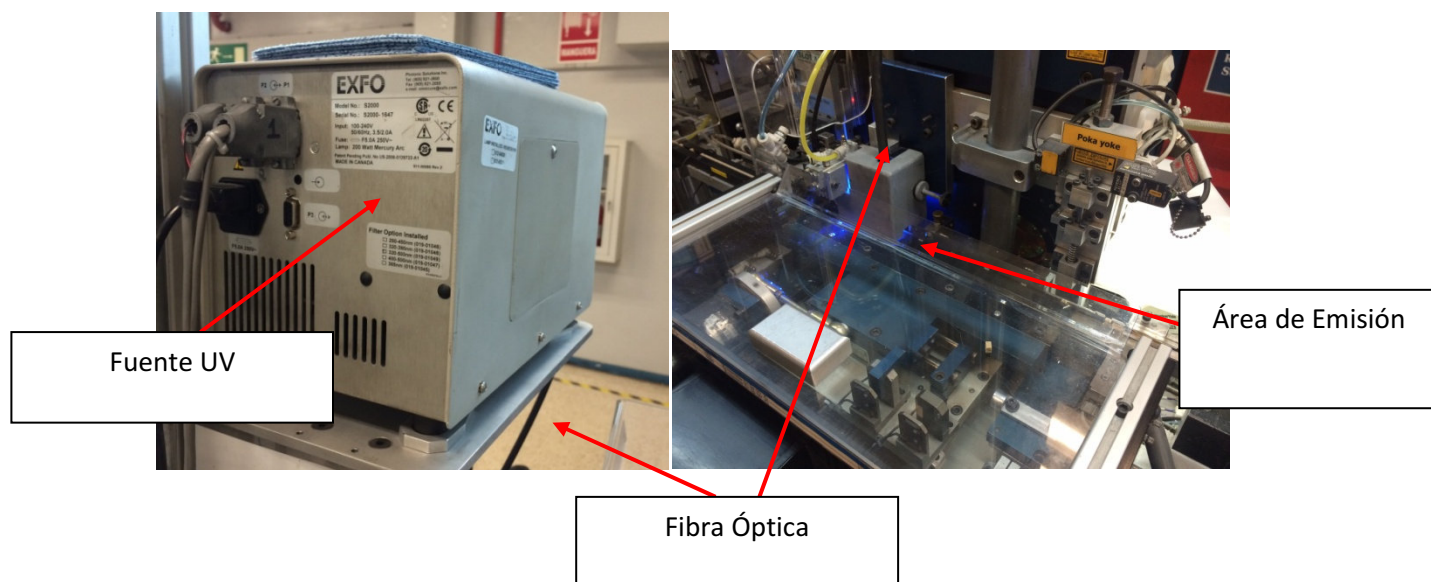
Figura 53. Partes de Equipos de Emisores de Radiación UV Microscopio



Fuente: Bonilla 2015

- 4.2.1. Para operar este equipo el operario debe estar capacitado en Medidas de Seguridad en Operación de Radiación Ultravioleta, brindado por el Responsable de Protección Radiológica o por un experto en la materia y el adiestramiento especial para el equipo.
 - 4.2.2. Coloque el material a inspeccionar y retire sus manos.
 - 4.2.3. Colóquese ropa protectora a nivel de manos contra radiación Ultravioleta
 - 4.2.4. Presione el botón de encendido.
 - 4.2.5. De ser necesario mover las piezas utilice la pinza o extensión para mover el material debajo del microscopio.
 - 4.2.6. Realice la inspección, al terminar apague la fuente, de ser necesario inspeccionar más material repita los pasos del 4.2.2 al 4.2.6.
 - 4.2.7. Evite siempre mirar la emisión de la radiación ultravioleta.
 - 4.2.8. De observar algún problema, por mínimo que sea al operar este equipo, infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.
- 4.3. Operación Segura de Equipos de Emisores de Radiación UV de EXPO.

Figura 54. Partes de Equipos de Emisores de Radiación UV EXPO



Fuente: Bonilla, 2015.

	Título: PROCEDIMIENTO DE USO SEGURO DE EQUIPOS DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA	Cód: PPR-P-05 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	---	---

- 4.3.1. Para operar este equipo el trabajador debe estar capacitado en Medidas de Seguridad en Operación de Radiación Ultravioleta, brindado por el responsable de protección radiológica o por un experto en la materia y el adiestramiento especial para el equipo.
- 4.3.2. Diariamente el operador debe realizar una revisión visual del equipo para verificar que no cuente con golpes y de que todos los protectores o sistemas de seguridad se encuentren bien instalados.
- 4.3.3. Presione el botón de encendido de la máquina
- 4.3.4. Colóquese los anteojos de seguridad para radiación ultravioleta de no existir cobertores con filtros certificados.
- 4.3.5. No remueva o bloquee el cobertor o sistema de seguridad.
- 4.3.6. No introduzca ningún material en el lugar de la emisión.
- 4.3.7. Evite siempre mirar la emisión de la radiación UV.
- 4.3.8. Apague la fuente al terminar de pasar el material asignado.
- 4.3.9. De observar algún problema por mínimo que sea al operar este equipo infórmelo inmediatamente al supervisor y al responsable de protección radiológica.

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

	Título: PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES RADIOLÓGICAS.	Cód: PPR-P-06 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

1. Objetivo

Establecer los lineamientos de Seguridad para realizar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo en las instalaciones radiológicas.

2. Documentación

PPR-R-07	Listado de Personal de Mantenimiento de Equipos Radiológicos.
----------	---

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, supervisores, personal de mantenimiento del cumplimiento de este procedimiento

4. Procedimiento

4.1. Medidas de Seguridad para Mantenimiento de Equipos Emisores de Rayos X.

4.1.1. Para realizar cualquier trabajo de mantenimiento el departamento de mantenimiento debe planificar previamente las actividades, medidas de protección y dosimetría, con el responsable de protección radiológica y la jefatura de SO y A para revisar las medidas de seguridad asociadas al trabajo.

4.1.2. Los trabajos de mantenimiento pueden ser realizados únicamente por personal capacitado e incluido en el PPR-R-07 Listado de Personal de Mantenimiento de Equipos Radiológicos Autorizados (ver **Cuadro 31**) o por una empresa acreditada por el Ministerio de Salud de Costa Rica para este fin.

Cuadro 31. Listado de Personal de Mantenimiento de Equipos Radiológicos Autorizados

Listado de Personal de Mantenimiento Autorizados				
Nombre del Trabajador	# Ced	Puesto	Capacitaciones recibidas	Equipos Autorizados

Fuente: Bonilla 2015.

- 4.1.3. El departamento de mantenimiento debe entregar previamente a realizar al trabajo con radiaciones un resumen de las actividades a realizar al encargado de Salud Ocupacional y Ambiente.
- 4.1.4. El personal de mantenimiento NO podrá realizar ningún trabajo que involucre la reparación de blindajes o de dispositivos de la fuente emisora de rayos X.
- 4.1.5. Es prohibido realizar pruebas de operación sin los blindajes colocados en los equipos.
- 4.1.6. El mecánico y personal presente en el mantenimiento debe contar con equipo de dosimetría si el equipo se encuentra conectado o encendido.
- 4.1.7. El encargado de Salud Ocupacional y Ambiente deberá establecer y corroborar el cumplimiento de las medidas de protección necesarias para realizar dicho mantenimiento.
- 4.1.8. De ser necesario por la naturaleza del trabajo de mantenimiento se puede solicitar al responsable de protección radiológica una revisión del plan de trabajo de la actividad de mantenimiento.

	Título: PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES RADIOLÓGICAS.	Cód: PPR-P-06 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- 4.1.9. El departamento de mantenimiento debe llevar una bitácora por equipo de los trabajos realizados y personal responsable del mantenimiento.
- 4.2. Medidas de Seguridad para Mantenimiento Preventivo de Equipos Emisores de Rayos Láser.
- 4.2.1. Para realizar cualquier trabajo de mantenimiento de equipos láser el departamento de mantenimiento debe planificar previamente las actividades y las medidas de seguridad con la Jefatura de SO y A.
- 4.2.2. Los trabajos de mantenimiento pueden ser realizados únicamente por personal capacitado e incluido en la PPR-R-07 Listado de Personal de Mantenimiento de Equipos Radiológicos (ver **Cuadro 31**) o por una empresa especialista en equipos de rayos láser o el fabricante.
- 4.2.3. El departamento de mantenimiento debe entregar previamente a realizar al trabajo un resumen de las actividades a realizar a la Jefatura de SO y A.
- 4.2.4. El mecánico y personal presente en el mantenimiento debe contar con equipo de protección personal requerido para el trabajo (Protección Ocular).
- 4.2.5. Nunca se deberán realizar pruebas del láser sin el cobertor colocado.
- 4.2.6. Al realizar pruebas de operación, no observe de forma directa el haz del láser.
- 4.2.7. No introduzca materiales inflamables en el haz para realizar pruebas de operación, debido a que el láser tiene el potencial de generar un incendio.
- 4.2.8. El personal de mantenimiento NO podrá realizar ningún mantenimiento que involucre la reparación de dispositivos de la fuente emisora de rayos láser.
- 4.2.9. El encargado de Salud Ocupacional en conjunto con el responsable de protección radiológica deberán establecer y corroborar el cumplimiento de las medidas de protección necesarias para realizar dicho mantenimiento.
- 4.2.10. El departamento de mantenimiento debe contar con una bitácora de trabajos realizados a cada equipo y del personal a cargo.
- 4.3. Medidas de Seguridad para Mantenimiento Preventivo de Equipos Emisores de Radiación UV.
- 4.3.1. Para realizar cualquier trabajo de mantenimiento es el departamento de mantenimiento debe planificar previamente las actividades, medidas de protección, con la Jefatura de SO y A.

	Título: PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES RADIOLÓGICAS.	Cód: PPR-P-06 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	--	---

- 4.3.2. Los trabajos de mantenimiento pueden ser realizados únicamente por personal capacitado e incluido en la PPR-R-07 Listado de Personal de Mantenimiento de Equipos Radiológicos (ver **Cuadro 31**) o por una empresa especialista en lámparas ultravioleta o el fabricante.
- 4.3.3. El departamento de mantenimiento debe entregar previamente a realizar al trabajo un resumen de las actividades a realizar a la Jefatura de SO y A.
- 4.3.4. El mecánico y personal presente en el mantenimiento debe contar con equipo de protección personal requerido para el trabajo (Protección Ocular UV).
- 4.3.5. No se deberán realizar pruebas de las lámparas de forma abierta, de realizar esta actividad deben existir recomendaciones por escrito por parte del responsable de protección radiológica.
- 4.3.6. No introduzca materiales inflamables en el área de emisión para realizar pruebas de operación, debido a que puede generar un incendio.
- 4.3.7. La Jefatura de SO y A. en coordinación con el responsable de protección radiológica deberá establecer y corroborar el cumplimiento de las medidas de protección necesarias para realizar mantenimiento correctivos.
- 4.3.8. El departamento de mantenimiento debe contar con una bitácora de trabajos realizados a cada equipo y de personal a cargo.

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Brindar los lineamientos de señalización y etiquetado según la normativa nacional e internacional de las fuentes, equipos y/o instalaciones que generen radiaciones en Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

ANSI Z136.1	Norma Uso seguro de Láseres
Decreto N°24037-S	Reglamento de Protección Contra Radiaciones Ionizantes
ICNIRP (2007)	Protection Of Workers Against Ultraviolet Radiation

3. Responsabilidad

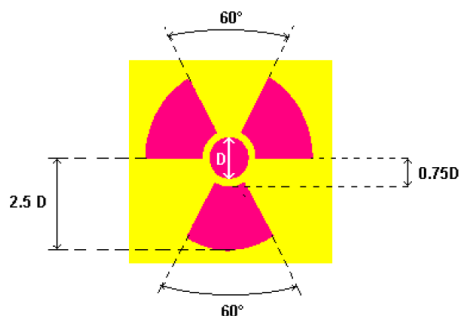
Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, la instalación de señalización y etiquetado de las áreas y equipos.

4. Procedimiento

4.1. Señalización de Equipos de Rayos X

- 4.1.1. La jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente debe señalar las instalaciones en su ingreso utilizando un cuadrado amarillo seguridad con el símbolo de radiaciones en color magenta según lo presenta la Figura adjunta. el rótulo no debe ser de una dimensión menor a 20cmx 20cm. (ver Figura 55)
- 4.1.2. Además debe instalar en los equipos una etiqueta con el símbolo de rayos X de dimensión mínima 5cm x 5cm.

Figura 55. Dimensiones de símbolo Internacional de Rayos X



Fuente: OIEA,1997.

- 4.1.3. Al ingreso de cada instalación se deben colocar las medidas de seguridad.
- 4.1.4. Los equipo deben contar con rotulación de los botones de encendido, apagado y botón de apagado en caso emergencia.
- 4.1.5. Es considerada un área restringida por lo cual es necesario la colocación de la rotulación de prohibición de ingreso, con el pictograma adjunto.

Figura 56. Símbolo de prohibido el paso



Fuente: Señaliza, 2015.

- 4.2. Señalización de Equipos de Rayos Láser Tipo 3B y 4.
- 4.2.1. Todos los equipos de rayos láser deben contar con la señalización tipo etiqueta en la boca de salida del rayo láser de riesgo de láser.

Figura 57. Símbolo de Riesgo de Láser



Fuente: ANSI Z136.1:2007

- 4.2.2. En un área visible todo equipo laser debe contar con mínimo una etiqueta que mencione la categoría del Láser, tipo de radiación, leyenda de "Evitar la

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA.	Título: PROCEDIMIENTO DE SEÑALIZACIÓN Y ETIQUETADO DE LOS EQUIPOS RADIOLÓGICOS.	Cód: PPR-P-07 Rev.: 01 Fecha: 23/102/2015 Aprobado por:
---	--	--

irradiación de los ojos piel por radiación directa o difusa", potencia máxima, y longitud de onda.

Figura 58.Identificación de Riesgo de Láser Difuso



Fuente: ANSI Z136.1:2007

- 4.2.3. En caso de trabajos de mantenimiento de los equipos láser se debe acordonar el área y colocar un aviso " Laser en proceso de Reparación, favor no ingresar y utilice el equipo de protección ocular requerido"

Figura 59.Identificación de Riesgo en Mantenimiento de Láser



Fuente: ANSI Z136.1:2007

- 4.2.4. Los equipo deben contar con rotulación de los botones de encendido, apagado y botón de apagado en caso emergencia.
- 4.2.5. De ser necesario el uso de equipo de protección ocular debe colocarse señalización de obligación.

Figura 60. Símbolo de Uso Obligatorio de Lentes de Protección

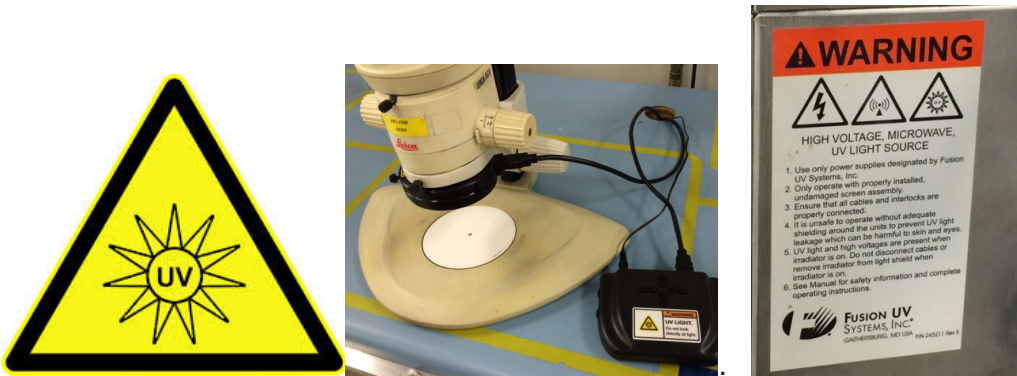


Fuente: Señaliza 2015

4.3. Señalización de Equipos de Radiación UV

4.3.1. Se debe instalar en los equipos emisores de Radiación UV la rotulación de riesgo de radiación ultravioleta, de forma visible y en español. La cual debe contemplar el pictograma y la especificación de Peligro Radiación UV, utilice solo bajo autorización, evite y protéjase la piel y ojos contra la exposición de radiación UV (ver Figura 61).

Figura 61. Identificación de Riesgo de Radiación UV



Fuente: Trimpot Electrónicas Ltda, 2015

4.3.2. Acordone el área y coloque una señal de aviso con las medidas de protección para realizar mantenimientos a los equipos.

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Administrar la adquisición, mantenimiento y uso del equipo de protección personal en equipos emisores de radiaciones.

2. Documentación

PPR-P-06	Procedimiento de Mantenimiento
PPR-P-04	Procedimiento de Uso de Equipos de Rayos Láser
PPR-P-05	Procedimiento de Uso de Equipos de Radiación UV
	Plan de Salud Ocupacional Trimpot Electrónicas Ltda
ANSI Z136.1	Norma Uso seguro de Láseres
UNE EN 170	Protección individual del ojo. Filtros para el ultravioleta.
UNE-EN 470-1:1995	Ropas de protección utilizadas durante el soldeo y las técnicas conexas

3. Responsables

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, supervisores, personal de mantenimiento, Jefaturas de Área, supervisores y operarios el cumplimiento de este procedimiento.

4. Procedimiento

4.1. Selección y Compra de Equipo de Protección Personal Radiológica.

La jefatura de SO y A, en conjunto con el responsable de protección radiológica deben seleccionar las especificaciones de los equipos de protección personal requeridos para cada uno de los puestos de trabajo, según lo considerado en la evaluación de riesgos

4.1.1. Criterios de selección de anteojos de protección Láser (ANSI Z 136.1)

- Poder de emisión del láser
- Longitud de onda
- Potencial de cambio de longitud de onda
- Exposición radiante o irradiancia
- Criterio de tiempo de exposición
- Máximo permitido de exposición (MPE)
- Densidad óptica

	Título: PROCEDIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	Cód: PPR-P-08 Rev.: 01 Fecha: 23/02/2015 Aprobado por:
---	---	---

Figura 62. Fórmula Cálculo de Densidad Óptica para selección de Lente Láser

If the potential eye exposure level or value is given by H_p , the optical density, D_λ , required of protective eyewear to reduce this exposure to the MPE is given by

$$D_\lambda = \log_{10} (H_p / \text{MPE}) = - \log_{10} \tau_\lambda$$

Fuente: ANSI Z 136.1:2007

- Necesidad de lentes de prescripción
- Ángulo de visión
- Necesidad de visión del trabajo
- Confort
- Materiales de los lentes (ANSI Z87.2003)
- Requerimientos especiales (Antiepañantes, entre otros).

4.1.2. Criterios de selección de anteojos de protección UV (UNE EN 170
“Protección individual del ojo”. Filtros para el ultravioleta)

- Longitud de onda
- Potencia del equipo
- Tiempo de exposición
- Tipo de trabajo de mantenimiento.
- Tabla de norma EN 170

Figura 63. Determinación de Filtros de Lentes contra Radiación UV

Case de protección	Percepción de los colores	Aplicaciones específicas	Fuentes específicas ^{a)}
2 - 1, 2 2 - 1, 4 2 - 1, 7	Puede ser alterada, salvo los que van marcados con grado de protección 2C	A utilizar con fuentes que emiten UNA radiación UV predominante en $\lambda < 313$ nm y cuando el deslumbramiento no es un factor importante. Esto cubre la banda UVC y la mayor parte de la UVB ^{b)} .	Lámparas de vapores de mercurio a baja presión, tales como las utilizadas para estimular la fluorescencia o las "luces negras", lámparas actínicas y lámparas germicidas.
2 - 2 2 - 2,5		A utilizar con fuentes que emitan una fuerte radiación tanto en los sectores espectrales UV como visible y que, por consiguiente, requieren la atenuación de las radiaciones visibles.	Lámparas de vapores de mercurio de presión media tales como las lámparas fotoquímicas.
2 - 3 2 - 4			Lámparas de vapores de mercurio a alta presión y lámparas de vapores de halogenuros metálicos tales como las lámparas solares para solárium.
2 - 5			Lámparas de vapores de mercurio a alta y muy alta presión tales como las lámparas solares para solárium y sistemas de lámparas pulsadas.

Fuente: Norma EN 170

- Necesidad de lentes de prescripción
- Confort
- Requerimientos especiales (Antiepañantes, entre otros)

4.1.3. Criterios de selección de ropa protectora UV (UNE-EN 470-1:1995 UNE-EN 470-1:1995: Ropas de protección utilizadas durante el soldeo y las técnicas conexas)

- Tiempo de exposición
- Tallas
- Confort
- Tipo de actividad
- Temperatura del área de trabajo
- Áreas de exposición del trabajador (manos, antebrazos, cuerpo completo...)

Por estos métodos se fijaran las especificaciones y se le solicita al departamento de compras las adquisición de los anteojos de protección necesarios y de manejar un inventario requerido para cada uno de los equipos, según el tiempo de rotación.

4.2. Entrega y Uso de Equipo de Protección Personal Radiológico

- 4.2.1. La entrega del equipo de protección radiológica la realizará el Departamento de Salud Ocupacional y Ambiente, el personal deberá llenar la boleta correspondiente según lo establece el Plan de Salud Ocupacional de Trimpot Electrónicas Ltda.
- 4.2.2. El uso del equipo de protección personal es obligatorio, según lo establezca el responsable de protección radiológica y la Jefatura de SO y A. en los distintos puestos de trabajo.
- 4.2.3. La obligatoriedad del uso del equipo de protección personal debe estar registrado en los procedimientos de uso de cada equipos.
- 4.2.4. Para trabajos de mantenimiento en los cuales sea estrictamente necesario encender la fuente emisora sin los protectores o pantallas de seguridad es obligatorio el uso del EPP de todo el personal presente.

4.3. Mantenimiento y Cambio del Equipo de Protección Radiológica

- 4.3.1. El operario será responsable del mantenimiento del equipo de protección personal asignado.
- 4.3.2. El mantenimiento se realizará según lo solicite la ficha técnica de cada equipo.
- 4.3.3. El supervisor y el operario están en el derecho y obligación de solicitar un cambio o remplazo del EPP o de un accesorio, en caso de contar con desgaste o deterioro total.

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Capacitar, Informar e instruir a los trabajadores expuestos a radiaciones rayos X, rayos láser radiación UV, así como los responsables de estas áreas, con la finalidad de generar una cultura preventiva y un uso seguro de las fuentes emisoras de Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

PPR -R-08	Listado de Capacitación de Personal de PPR
-----------	--

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Gerencia de Recursos Humanos el garantizar que los trabajadores que puedan estar ocupacionalmente expuestos a la radiación y las personas con responsabilidades asignadas en el PPR reciban capacitación e información general sobre protección radiológica.

Es responsabilidad del Encargado de Salud Ocupacional y Ambiente el corroborar las competencias del personal o empresas que brindarán las capacitaciones a los trabajadores.

4. Procedimiento

4.1. Capacitación e Información sobre Protección Radiológica en Instalaciones de Rayos X.

4.1.1. La capacitación para los trabajadores ocupacionalmente expuestos debe incluir temas con un nivel de detalle acorde con las labores asignadas y el peligro potencial, las cuales son establecidas por el encargado de protección radiológica. Las capacitaciones deben abarcar los siguientes temas:

- Riesgos principales asociados con la radiación ionizante;
- Magnitudes básicas y unidades empleadas en la protección radiológica;
- Principios de la protección radiológica (optimización de la protección, límites de dosis, etc.);
- Fundamentos de la protección radiológica práctica.

- Protector, blindajes, comportamiento en zonas designadas;
- Cuestiones relacionadas con las tareas específicas;
- Responsabilidad de avisar de inmediato a una persona designada si se presenta algún incidente imprevisto que implique el aumento del riesgo radiológico;
- Cuando proceda, medidas que pudieran ser adoptadas en caso de un accidente.

4.1.2. Todo trabajador ocupacionalmente expuesto (Operarios y Mecánicos Asignados) deberá contar como mínimo con el Curso de Básico de Protección Radiológica el cual debe ser estar acreditado e impartido por una empresa avalada por el Ministerio de Salud de Costa Rica.

4.1.3. El responsable de protección radiológica debe contar como mínimo con el Curso Avanzado de Protección Radiológica.

4.1.4. El personal que por una u otra razón sea parte del uso de estos equipos emisores deberá llevar como mínimo una charla brindada por el responsable de protección radiológica que contemple:

- Riesgos principales asociados con la radiación ionizante
- Fundamentos de la protección radiológica práctica
- Cuando proceda, medidas que pudieran ser adoptadas en caso de un accidente.

4.1.5. A todo el personal involucrado el uso de rayos X se le debe mantener informado de forma anual, sobre las medidas de protección radiológica y los cambios o actualizaciones de PPR.

4.1.6. Estas capacitaciones y entrenamientos deben ser registrados en la PPR-R- 08 "Listado de Capacitación de Personal de PPR" (ver Cuadro 32)

Cuadro 32. Listado de Capacitación y entrenamiento PPR.

[illegible]

Fuente: Bonilla 2014

4.2. Capacitación e información de Protección Radiológica en Instalaciones de Rayos Láser

4.2.1. Todo el personal que trabajan habitualmente con láseres o se encuentran potencialmente expuestos a la clase 3B o Clase 4 deben contar con capacitación la cual debe incluir como mínimo los siguientes temas:

- Fundamentos de la operación con láser (principios físicos, construcción, etc.)
- Efectos de radiación láser en los ojos y la piel
- Importancia de especulares y difusos reflejos
- Los riesgos para no haz de rayos láser
- Clasificaciones del láser y de los sistemas
- Las medidas de control
- La responsabilidad general de la gestión y del empleado

4.2.2. Además del entrenamiento de Medidas de Seguridad en uso de equipos emisores de rayos láser todo el personal debe ser adiestrado en el uso específico del equipo por parte del área correspondiente.

4.2.3. El encargado de protección radiológica (*Laser Safety Officer* según norma ANSI) debe contar con la capacitación la cual debe incluir como mínimo los siguientes temas:

- La terminología láser
- Los tipos de láseres, longitudes de onda, formas de pulso, potencia / energía
- Unidades radiométricas básicas y dispositivos de medición
- Límites máximos permitidos
- Evaluaciones de riesgo Láser y otros cálculos

4.2.4. Estas capacitaciones y entrenamientos deben ser registrados en la PPR-R- 08 "Listado de Capacitación de Personal de PPR" (ver Cuadro 32).

4.3. Capacitación e Información de Protección Radiológica en Equipos UV.

4.3.1. Todos los trabajadores con acceso para abrir u operar los equipos de radiación UV deben recibir formación que incluya:

- Aspectos generales la radiación UV
- Identificación de peligros
- Efectos en la salud y los síntomas
- Medidas de seguridad en el uso de radiación UV
- Equipo de protección personal

4.3.2. En el caso del encargado de protección radiológica debe contar la capacitación antes descrita y además reforzar con temas de:

- Evaluación de riesgos de radiación ultravioleta
- Radiometría
- Límites de exposición

4.3.3. Estas capacitaciones y entrenamientos deben ser PPR-R- 08 "Listado de Capacitación de Personal de PPR" (ver Cuadro 32)

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Realizar un manejo adecuado de una emergencia radiológica con la finalidad de salvaguardar la salud de todos los trabajadores de Trimpot Electrónicas Ltda.

2. Documentación

	Plan de Emergencias Trimpot Electrónicas Ltda.
--	--

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del responsable de protección radiológica, supervisores, personal de mantenimiento y operarios del cumplimiento de este procedimiento.

4. Procedimiento

Para las áreas donde se utilizan equipos de rayos X, rayos láser y radiación UV, se incorpora al Plan de Emergencia de Trimpot Electrónicas un conjunto de actuaciones a desarrollar para el caso en que se produzca un incremento del riesgo radiológico para los trabajadores expuestos o el público en general.

En él se incluye la descripción de las posibles situaciones de emergencia, las medidas a tomar en cada caso, los datos e informes correspondientes, así como los responsables de ejecutar cada actuación.

4.1. Accidentes e incidentes

Se clasifica accidente a todo suceso no planificado durante el cual es probable que se superen los límites de dosis y como incidente aquel durante el cual es probable que se superen las dosis recibidas normalmente. Entre ellos se pueden encontrar:

- 4.1.1. Rotura de blindaje de equipo de rayos X
- 4.1.2. Sobrecalentamiento de fuente o problemas de funcionamiento
- 4.1.3. Exposición directa y sin equipos de seguridad a rayos láser, rayos X y radiación UV de equipos marca fusión
- 4.1.4. Incendio de equipo

Estos sucesos pueden producir que la dosis recibida no concuerde con la planificada, dentro del margen de tolerancia prefijado.

4.2. Plan de respuesta a emergencias radiológicas

4.2.1. Antes de la emergencia

- Revise y verifique diariamente el buen funcionamiento el equipo emisor de radiaciones. De contar con alguna situación a normal repórtelo inmediatamente a su supervisor y al responsable de protección radiológica.
- Utilice y revise el correcto funcionamiento de los equipos y dispositivos de seguridad.
- Capacitar al personal radiológico en prevención y detección de emergencias radiológicas.
- Capacitar a la brigada de emergencias y al personal del consultorio médico en la atención de emergencias radiológicas posibles en la empresa.

4.2.2. Durante la emergencia

- Informe inmediatamente a su supervisor y al encargado de protección radiológica.
- Evite el acceso de personas al área afectada.
- Trate de desconectar o apagar el equipo emisor por medio de los botones de paro o directamente del suministro de energía (*breaker*).
- Traslade al personal afectado al centro médico o llame al 9-1-1 de ser requerido.
- Genere un listado del todo el personal involucrado en la emergencia por si es necesario realizar una revisión de retrospectiva de la dosis recibida (únicamente para emergencias con rayos X).
- De generarse un conato de incendio en el equipo emisor, accione la alarma contra incendios, de ser posible utilice el extintor más cercano o active el protocolo en caso de incendios del Plan de Emergencia de la empresa.
- Trate de recuperar los dosímetros del personal expuesto en la emergencia radiológica si procede.

4.2.3. Después de la emergencia

- Envíe el o los dosímetros al proveedor en carácter de urgencia.
- Evidencie la existencia o no de una sobreexposición del trabajador.
- En el caso de los equipos de rayos X solicitar al proveedor de servicios de mantenimiento que le realice una revisión al equipo.
- La jefatura de SO y A y el responsable de protección radiológica deben elaborar un informe que detalle lo sucedido, el cual debe contar con: Descripción de lo Sucedido, personal expuesto, consecuencias, fecha, lugar, fuente, causas directas e indirectas, métodos de control utilizados, costos y recomendaciones.

Ante un caso de incendio, inundación u otra catástrofe se dará prioridad a la seguridad de las personas. Una vez dominada la situación, se procederá a la evaluación de sus consecuencias sobre la seguridad radiológica de la instalación y actuará en consecuencia.

5. Control de Cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

1. Objetivo

Velar por el cumplimiento de las medidas de seguridad de las instalaciones radiológicas y del control de las exposiciones de los trabajadores de Trimpot Electrónicas Ltda., a estos equipos.

2. Documentación

PPR - R-01	Matriz de Contabilización de Fuentes Radiológicas
PPR - P-01	Procedimiento de Evaluación de la Seguridad Radiológica.
PPR-P-02	Vigilancia Radiológica

3. Responsabilidad

Es responsabilidad de la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, del Responsable de Protección Radiológica, personal de mantenimiento y encargado de adquisición de equipos el hacer cumplir este procedimiento.

4. Procedimiento

4.1. Ingreso de equipos

4.1.1. Para ingresar una fuente emisora de radiación a la empresa el encargado de adquisición de Equipos deberá enviar la ficha técnica y el plano donde se realizará la instalación del equipo a la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, las cuales deben contar como mínimo con: marca, modelo, tipo de radiación, tipo fuente, potencia, blindajes o sistemas de seguridad, plano de ubicación, ilustración del equipo, certificaciones de calidad y riesgos asociados.

4.1.2. La jefatura de SO y A, en conjunto con el responsable de protección radiológica deberá brindar un criterio técnico de aceptación o no del ingreso del equipo, según las características propias de la fuente y el cumplimiento con las medidas de seguridad necesarias para que este equipo opere. Estos podrán solicitar medidas de seguridad adicionales a las planteadas para la aceptación del ingreso del equipo.

4.1.3. Brindada la aceptación la Jefatura SO y A, incluirá el equipo en la matriz de contabilización de fuentes radiológicas (ver Cuadro 20), para establecer un registro del mismo.

4.1.4. Antes de iniciar las operaciones de este nuevo equipo la Jefatura de SO y A en coordinación con el responsable de protección radiológica, deberá gestionar los permisos a nivel de Ministerio de Salud de ser necesarios, así como la revisión del cumplimiento las medidas de seguridad de la instalación según los planos propuestos, las recomendaciones brindadas y la aplicación del procedimiento PPR-P-01 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA. (ver **apéndice 5**)

4.1.5. De contar con aprobación de los permisos, el personal operativo capacitado o con licencia y el aval de la Jefatura de SO y A el equipo pueden entrar en operación.

4.1.6. De encontrar necesario la Jefatura de SO y A en coordinación con el responsable de protección radiológica, podrá solicitar la aplicación del procedimiento PPR-P-02 VIGILANCIA RADIOLÓGICA (ver **apéndice 5**), con la finalidad de conocer la exposición o distancias de seguridad de los trabajadores expuestos.

4.2. Traslado de equipos

4.2.1. Para trasladar una fuente emisora de radiación el encargado de mantenimiento en conjunto con el Gerente de Área deberán enviar el plan de trabajo y el plano de donde se reubicará la fuente a la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, los cuales debe contar como mínimo con: equipo a trasladar, encargado del traslado, como se transportará, plano de nueva ubicación e instalación de sistemas de seguridad.

4.2.2. La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente deberá aprobar el traslado de la fuente, mediante la revisión del plan de trabajo, el cumplimiento de las medidas de seguridad en el nuevo lugar, además deberá aplicar el procedimiento PPR-P-01 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA (ver **apéndice 5**), con la finalidad de conocer el estado de cumplimiento de la nueva instalación.

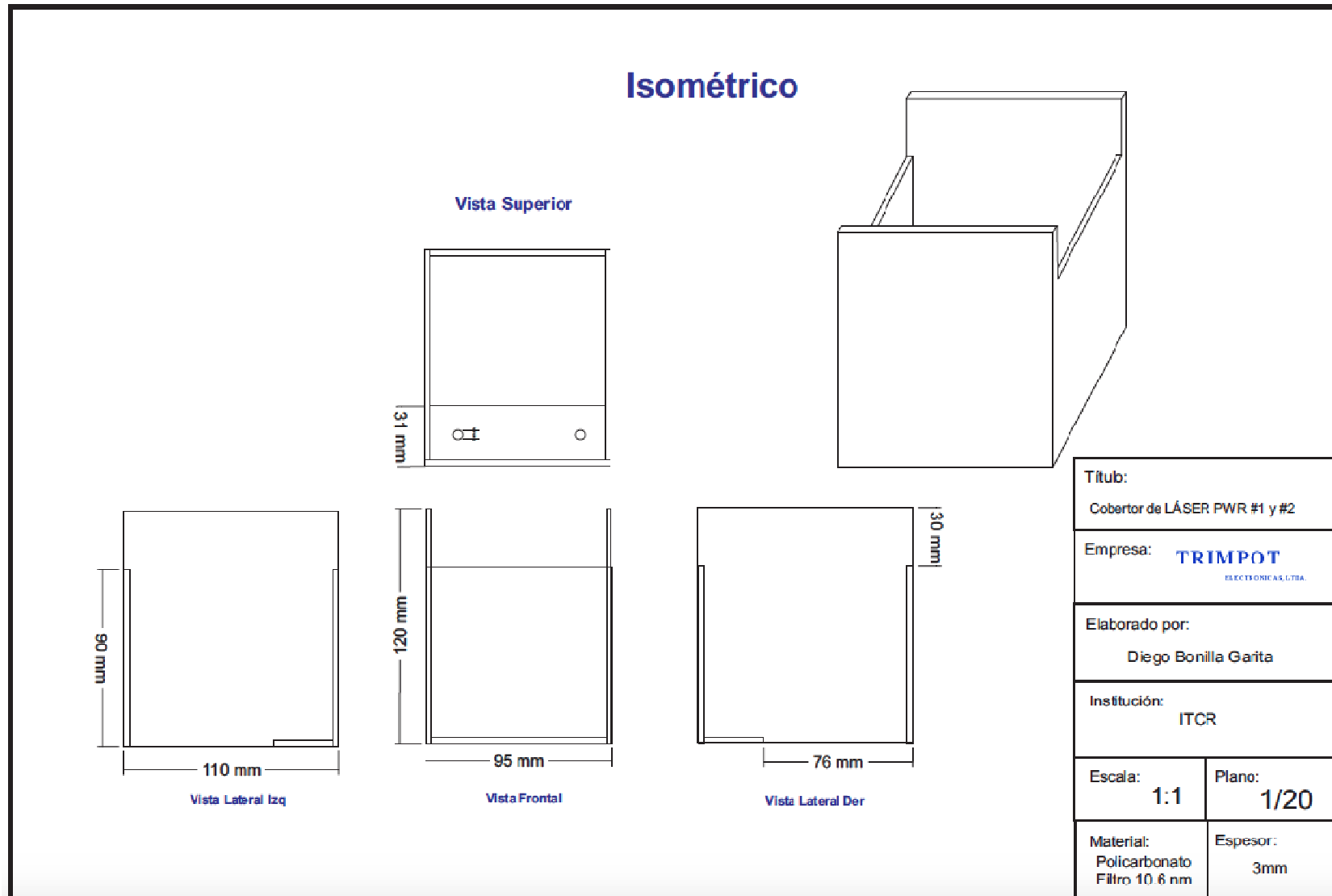
4.3. Sustitución de equipos

- 4.3.1. Para sustituir un equipo emisor de radiación el encargado de mantenimiento en conjunto con el encargado de adquisición de equipos deberán enviar la ficha técnica de equipo nuevo que sustituirá y el plan de trabajo para realizar el cambio a la Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente, los cuales debe contar como mínimo con: equipo a sustituir, encargado de la sustitución, marca, modelo, tipo de radiación, tipo fuente, potencia, blindajes o sistemas de seguridad, como se transportará, instalación de sistemas de seguridad.
- 4.3.2. La Jefatura de Salud Ocupacional y Ambiente deberá aprobar la sustitución de la fuente, mediante la revisión del plan de trabajo, el cumplimiento de las medidas de seguridad de la sustitución, además deberá aplicar el procedimiento PPR-P-01 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA(ver **apéndice 5**), de considerarlo necesario.
- 4.3.3. De ser necesario deberá actualizar los permisos ante el Ministerio de Salud.

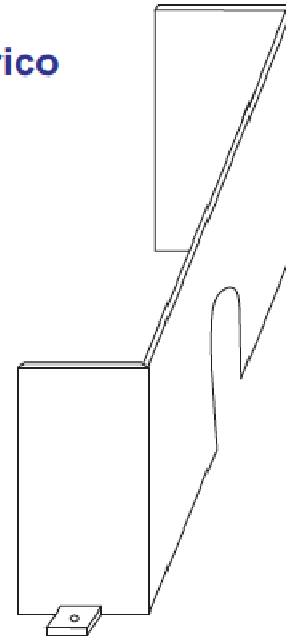
5. Control de cambios

Referencia	Descripción del Cambio
01	Documento Original

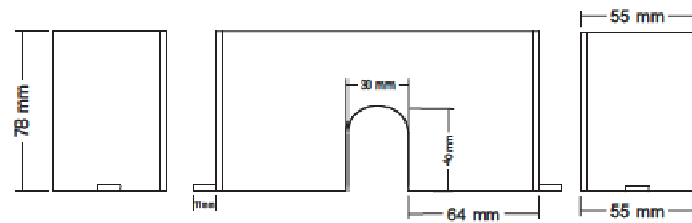
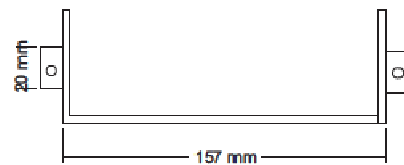
Apéndice 6.Diseño de cobertores de seguridad



Isométrico



Vista Superior



Vista Lateral Izq

Vista Frontal

Vista Lateral Der

Título:
Cobertor de LÁSER 4800 K

Empresa: **TRIMPOT**
ELECTRONICA S.A.S

Elaborado por:
Diego Bonilla Garita

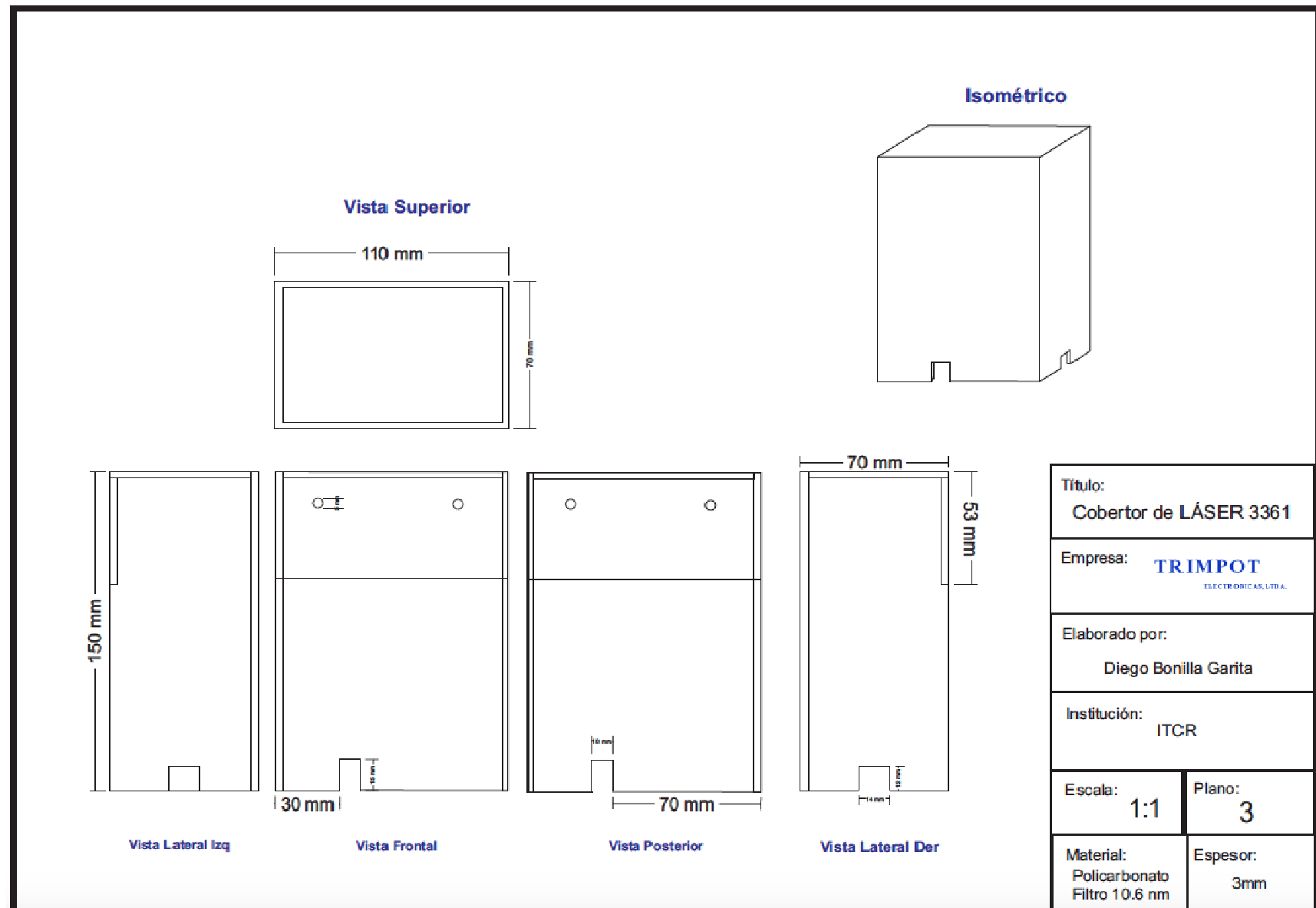
Institución:
ITCR

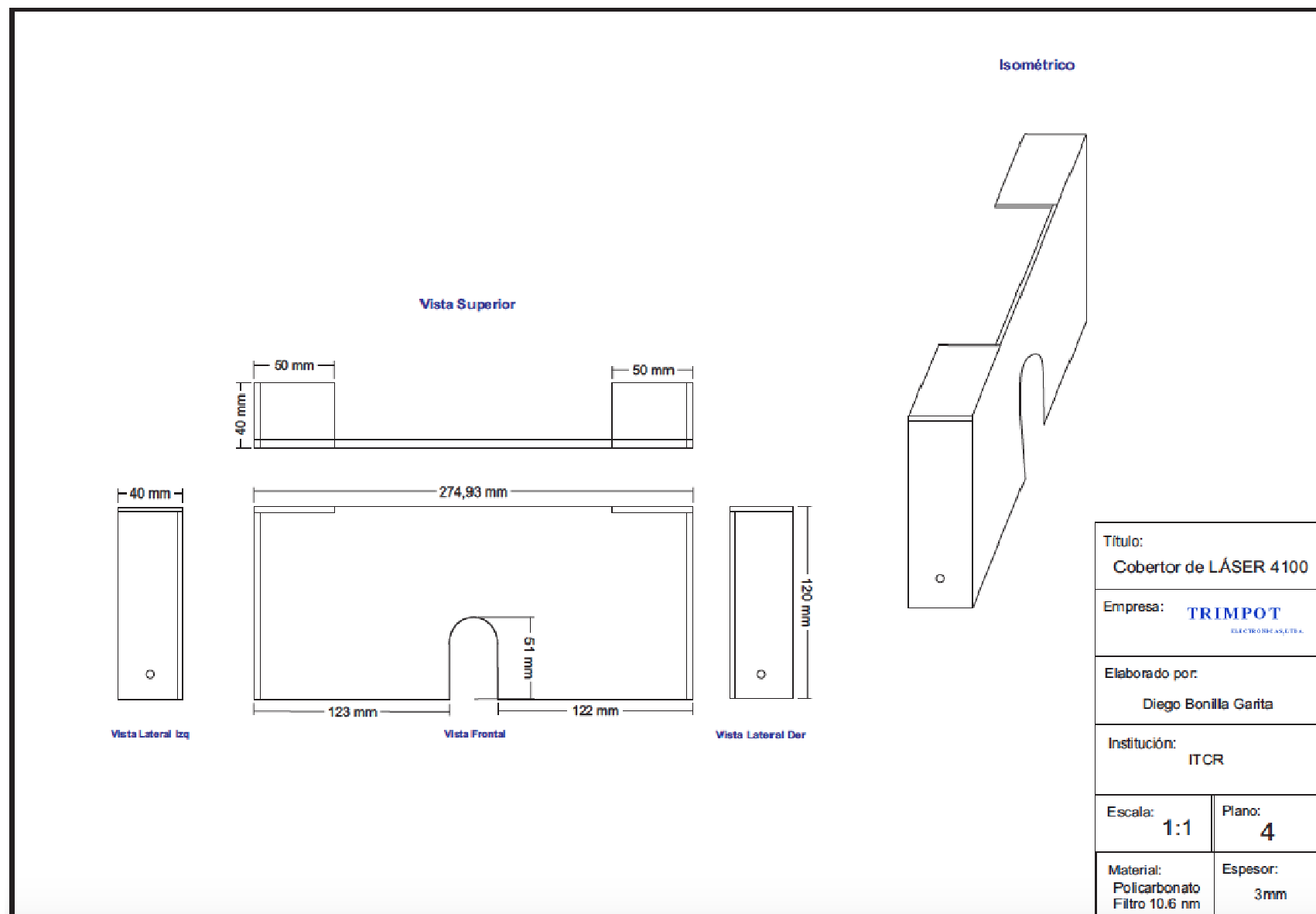
Escala:
1:1

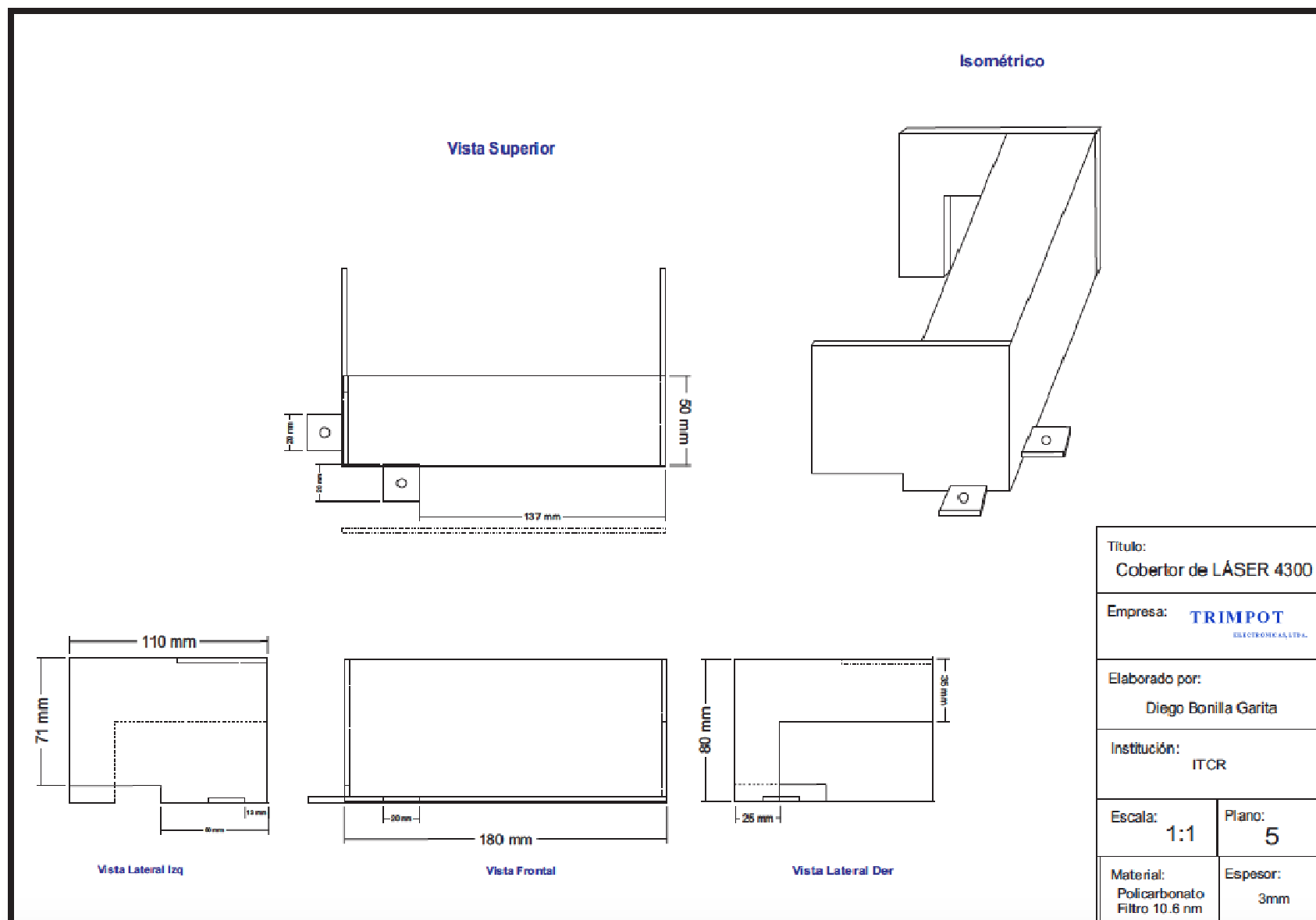
Plano:
2

Material:
Policarbonato
Filtro 10.6 nm

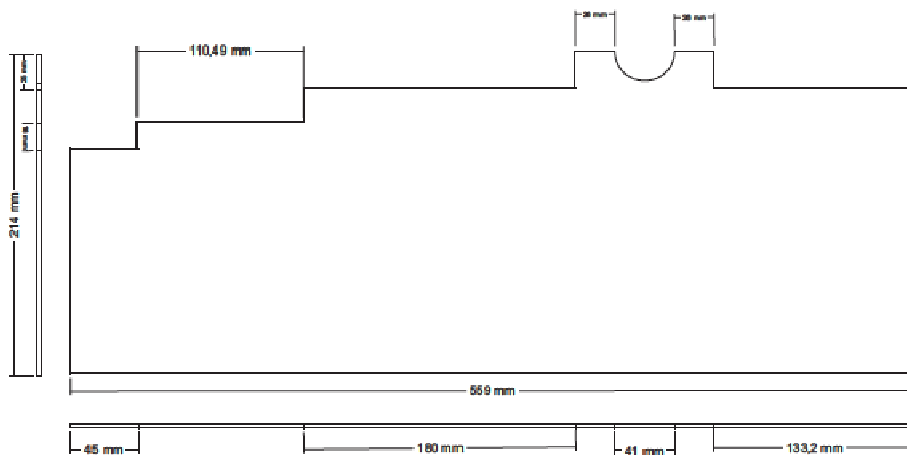
Espesor:
3 mm





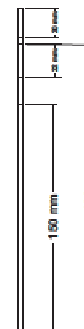


Vista Lateral Izq

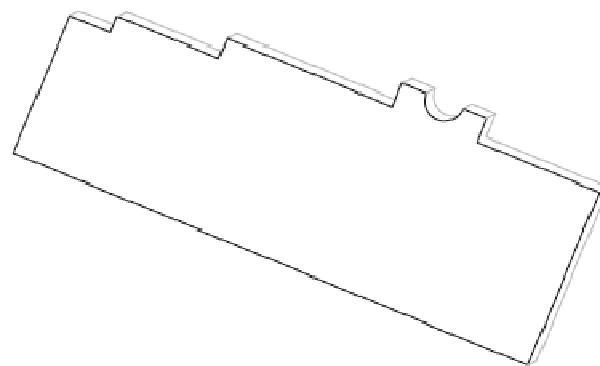


Vista Superior

Vista Lateral Der



Vista Frontal



Isométrico

Título:

Cobertor de Láser 3224

Empresa:

TRIMPOT

ELECTRONICAS, LTDA.

Elaborado por:

Diego Bonilla Garita

Institución:

ITCR

Escala:

1:1

Plano:

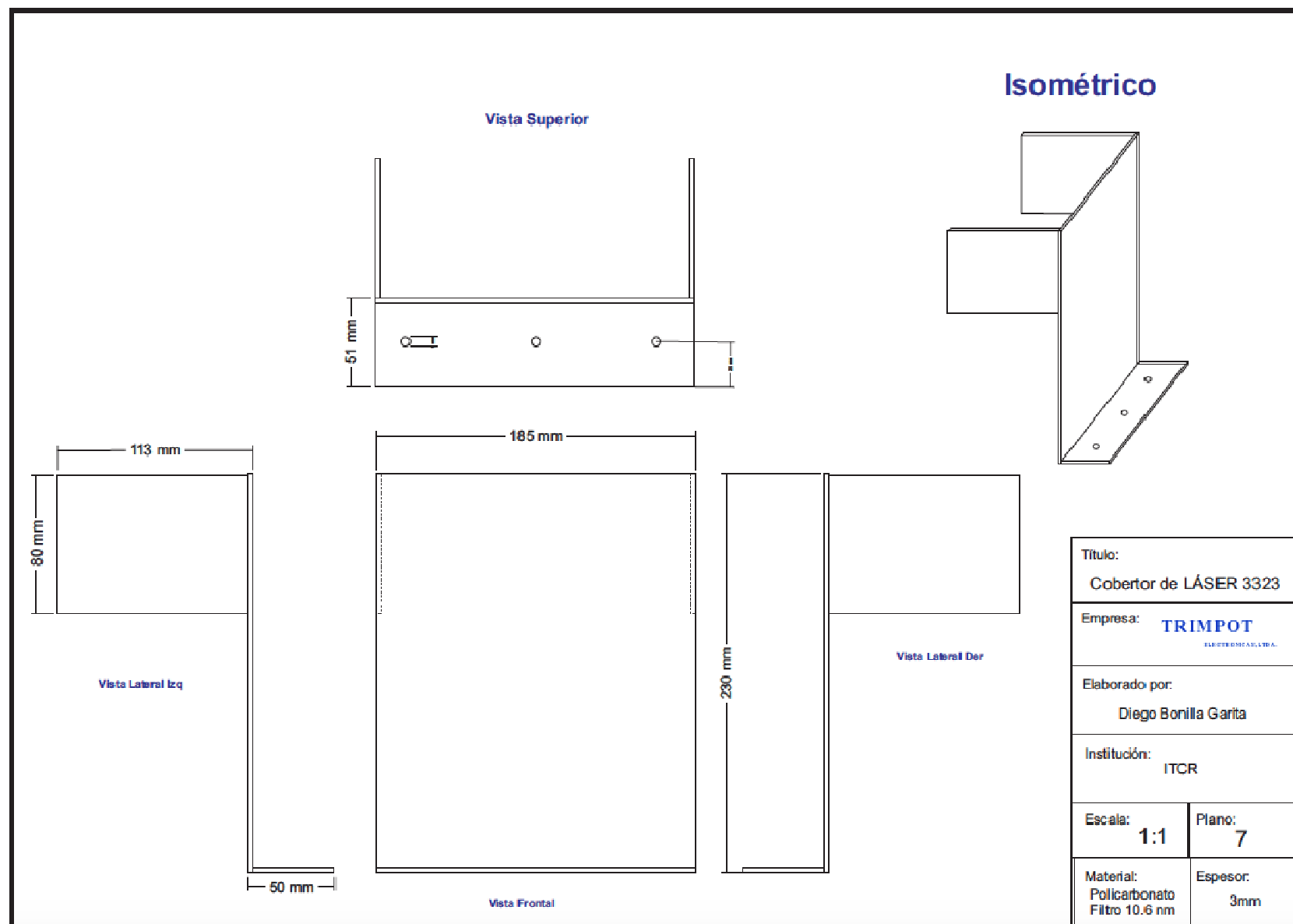
6

Material:

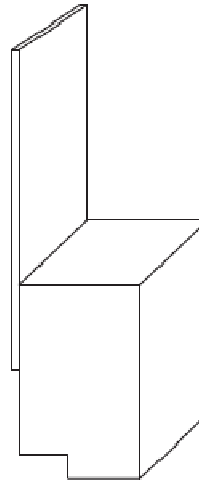
Policarbonato
Filtro 10.6 nm

Espesor:

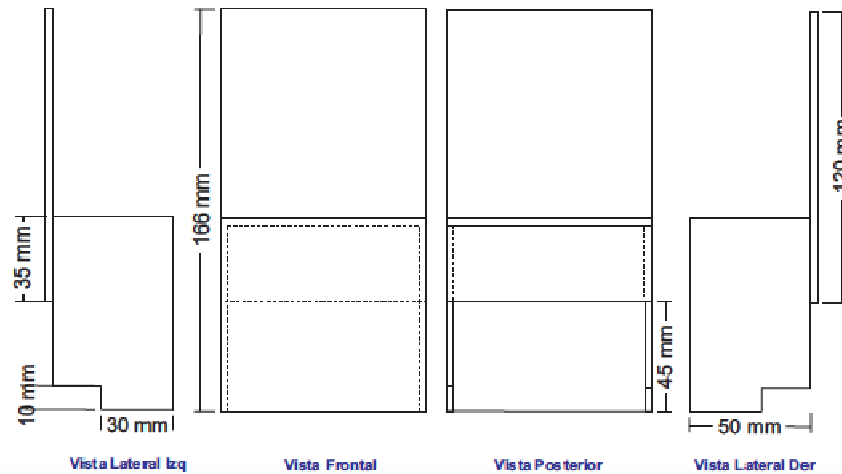
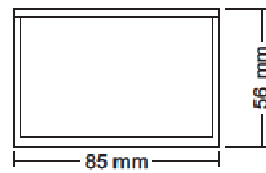
3mm



Isométrico



Vista Superior



Título:
Cobertor de LÁSER 3386 Rotor Largo

Empresa: **TRIMPOT**
EL ELECTRONICAS, LTDA.

Elaborado por:
Diego Bonilla Garita

Institución:
ITCR

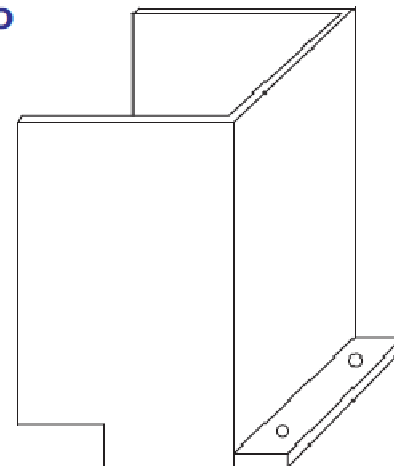
Escala:
1:1

Plano:
8

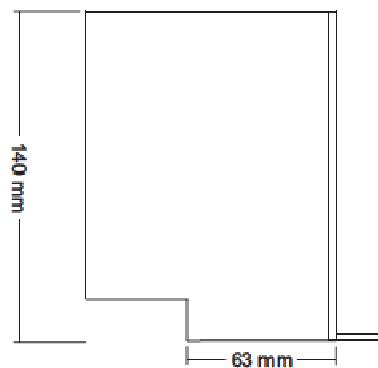
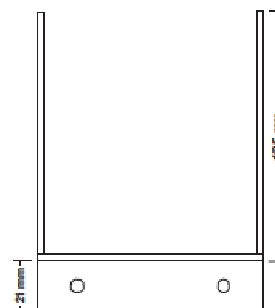
Material:
Policarbonato
Filtro 10.6 nm

Espesor:
3mm

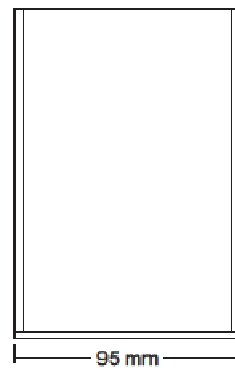
Isométrico



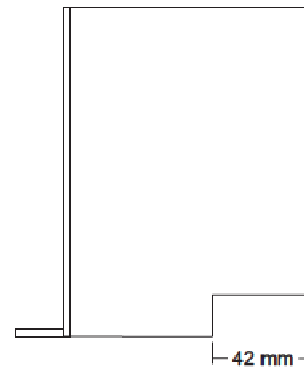
Vista Superior



Vista Lateral Izq



Vista Frontal



Vista Lateral Der

Título:

Cobertor de 4800 Video Jet

Empresa:

TRIMPOT
ELECTRÓNICA, S. DE RL

Elaborado por:

Diego Bonilla Garita

Institución:

ITCR

Escala:

1:1

Plano:

9

Material:

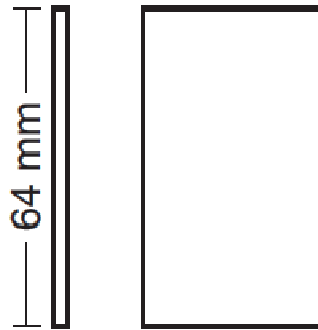
Polycarbonato
Filtro 10.6 nm

Espesor:

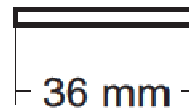
3mm

Isométrico

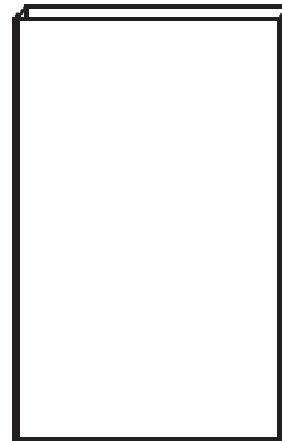
Vista Frontal



Vista Lateral Izq



Vista Superior



Título:

Cobertor de LÁSER CONVERGENT

Empresa:

TRIMPOT

ELECTRONICAS LTDA.

Elaborado por:

Diego Bonilla Garita

Institución:

ITCR

Escala:

1:1

Plano:

10

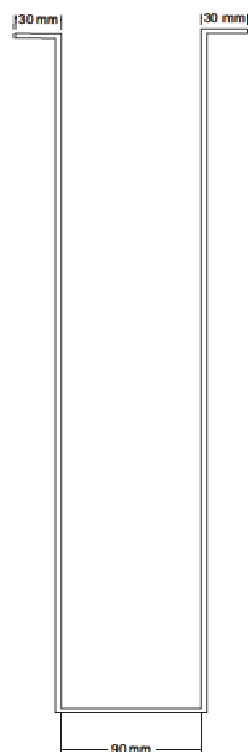
Material:

Policarbonato
10,4-11,2um

Espesor:

3mm

Vista Superior

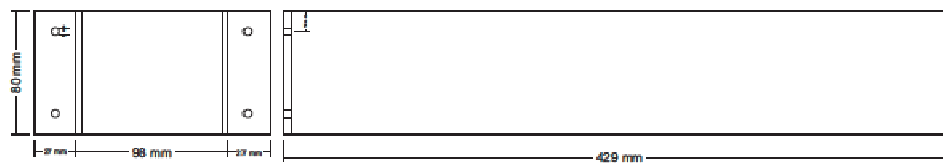


Isométrico



Vista Lateral Der

Vista Lateral Izq



Vista Frontal

Título:

Cobertor de LÁSER GDT 5 PINES

Empresa:

TRIMPOT
ELECTRONIC S.A.

Elaborado por:

Diego Bonilla Garita

Institución:

ITCR

Escala:

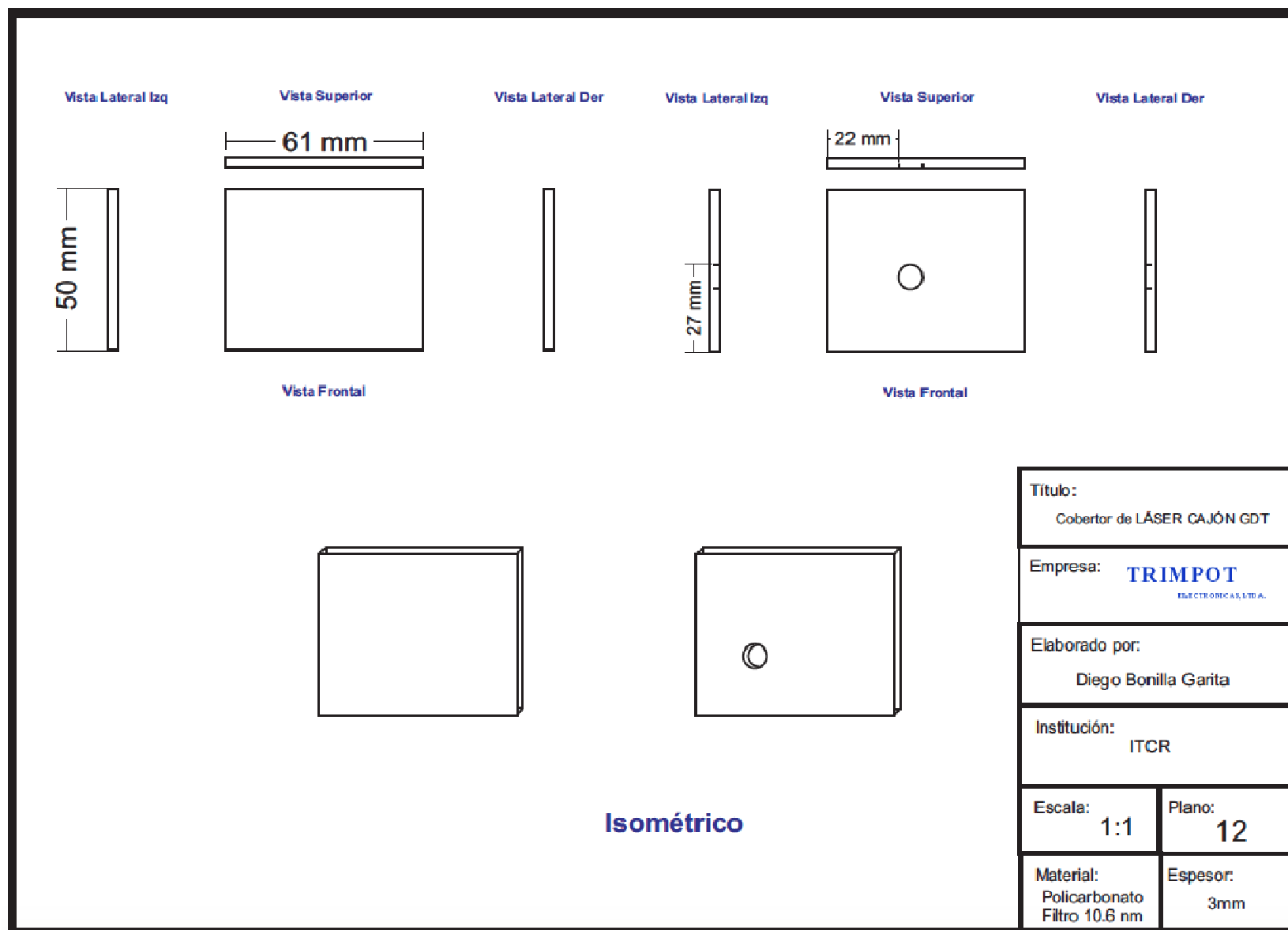
1:1

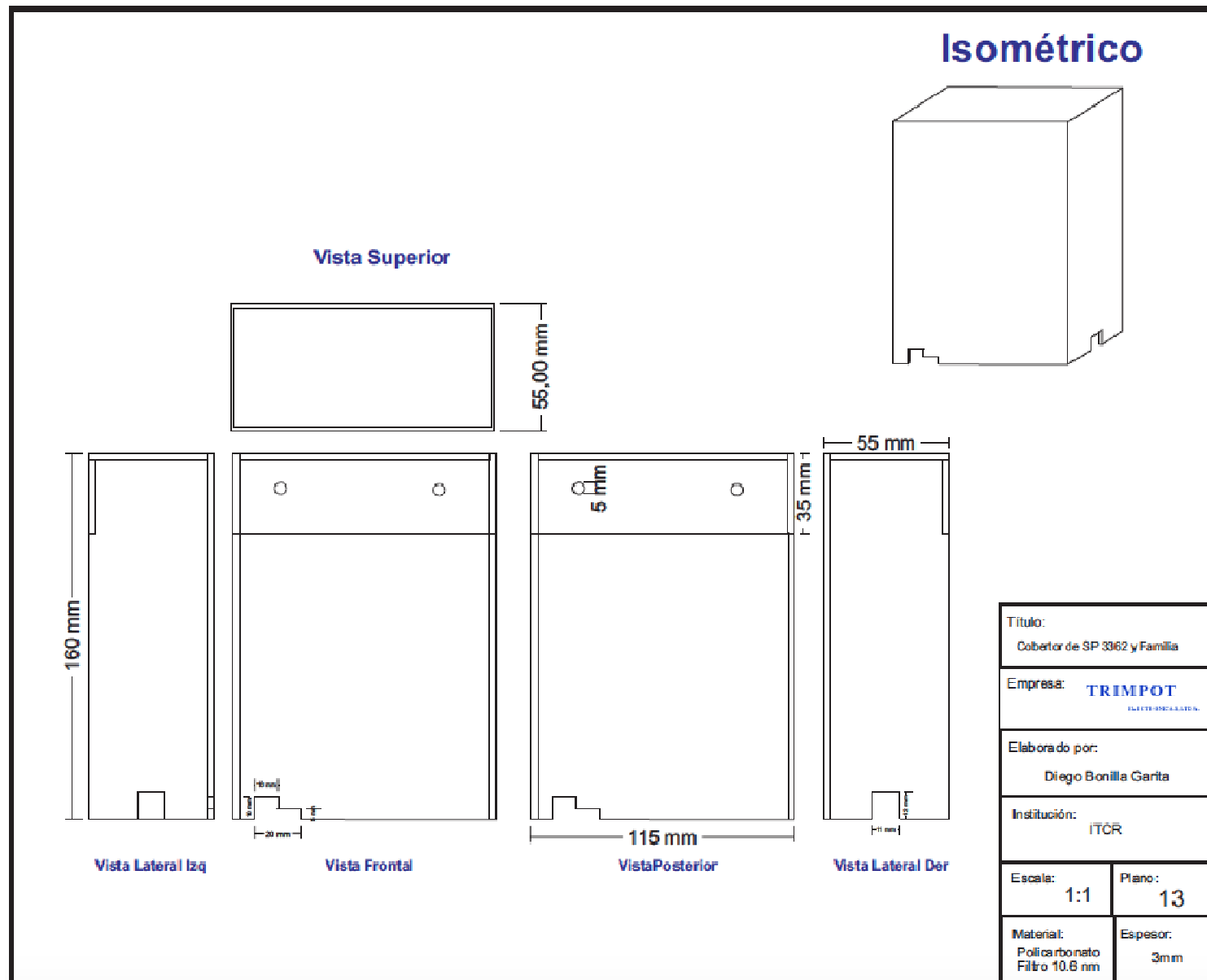
Plano:

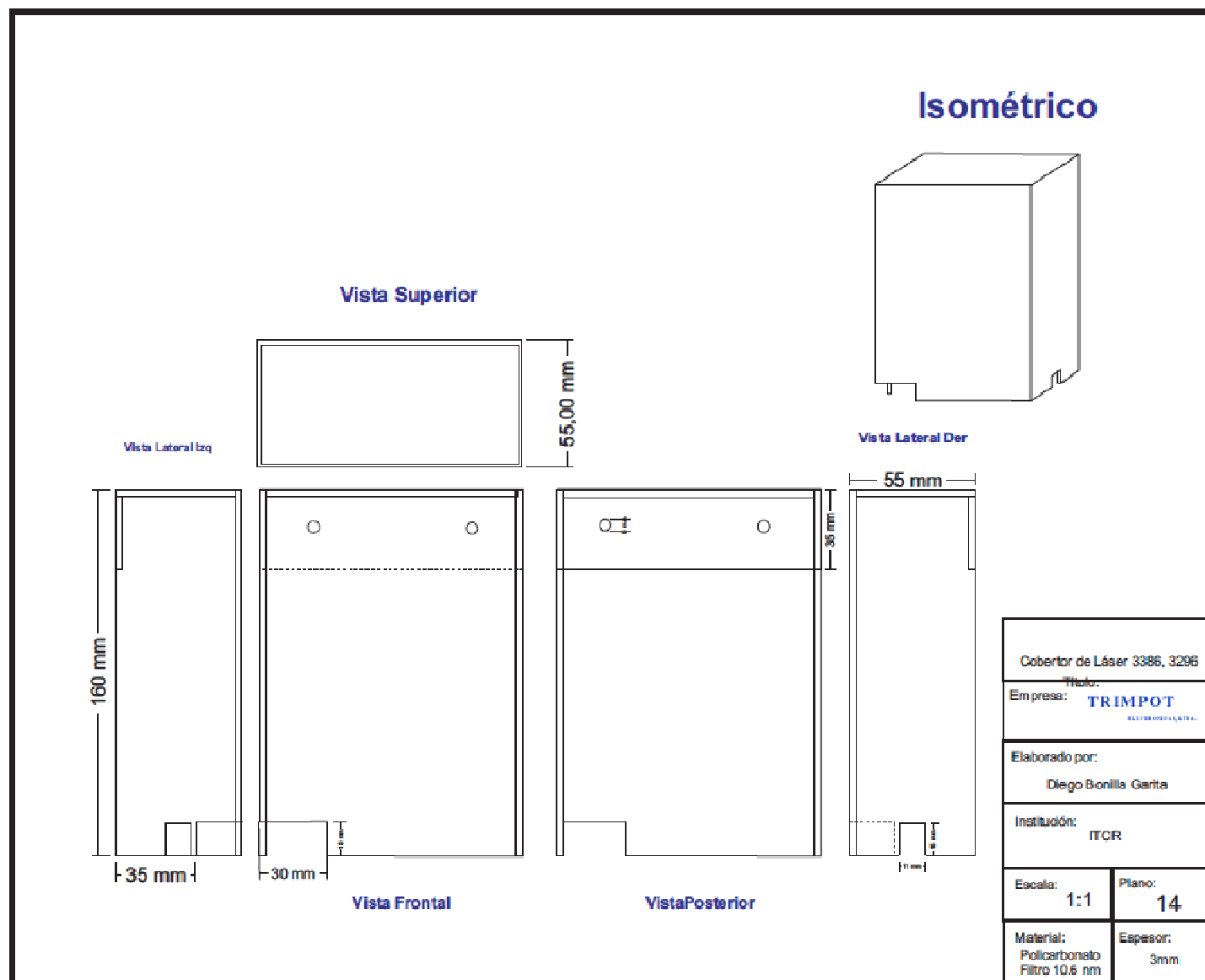
11

Material:
Polycarbonato
Filtro 10.6 nm

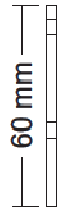
Espesor:
3mm



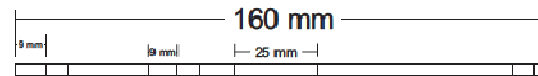




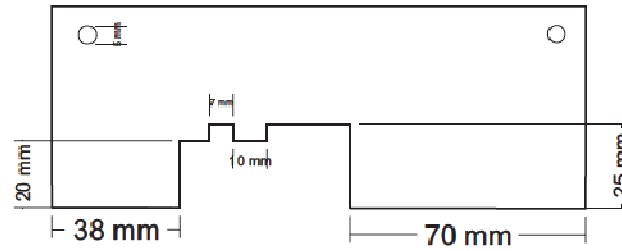
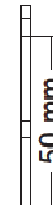
Vista Lateral Izq



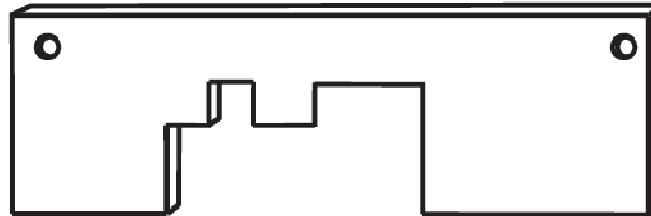
Vista Superior



Vista Lateral Der



Vista Frontal



Isométrico

Título:

Cobertor de Equipo UV 3324

Empresa:

TRIMPOT
ELECTRONICA S. DE RL DE CV

Elaborado por:

Diego Bonilla Garita

Institución:

ITCR

Escala:

1:1

Plano:

15

Material:
Acrílico
Filtro UV

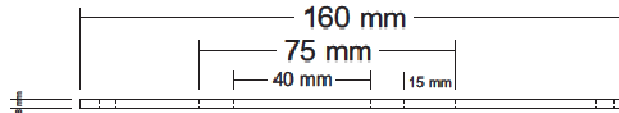
Espesor:

3 mm

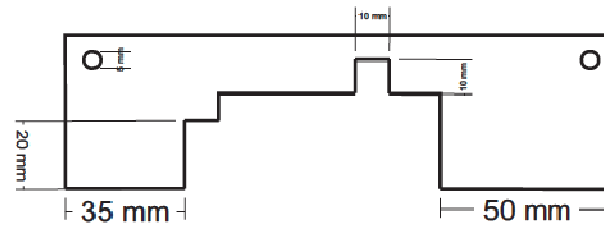
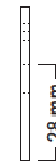
Vista Lateral Izq



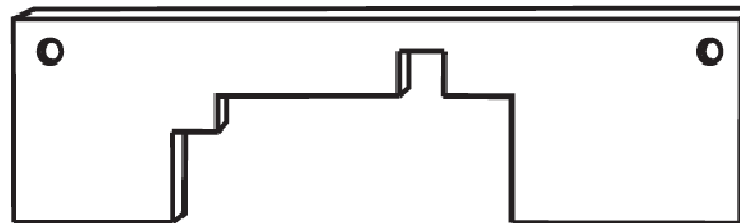
Vista Superior



Vista Lateral Der



Vista Frontal



Isométrico

Título:
Cobertor de Equipo UV 3361

Empresa: **TRIMPOT**
ELECTRONIC S.A. DE C.V.

Elaborado por:
Diego Bonilla Garita

Institución:
ITCR

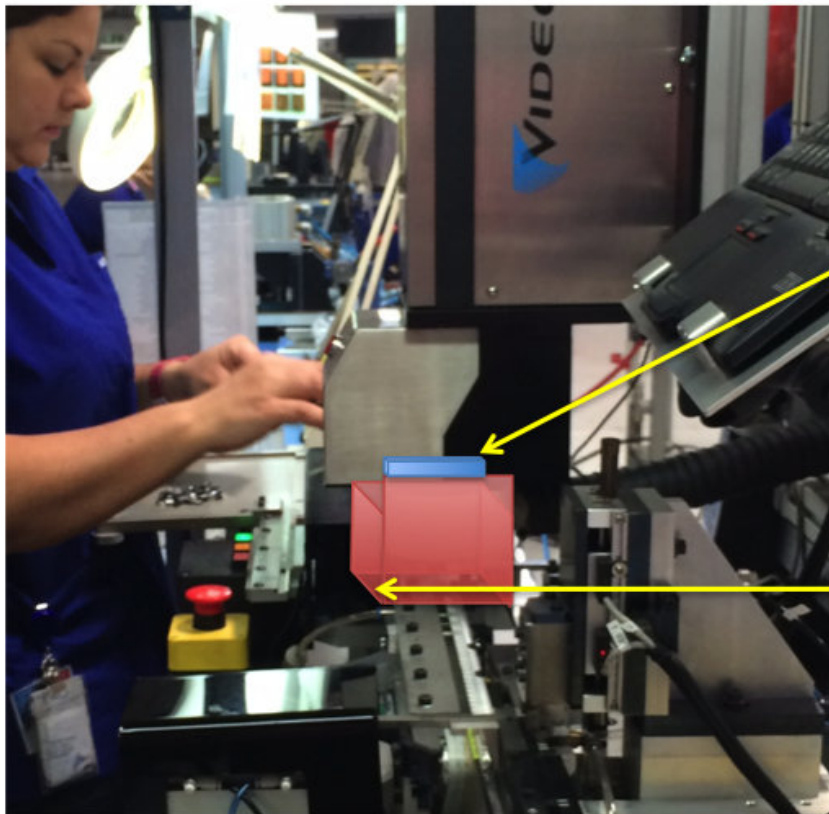
Escala:
1:1

Plano:
16

Material:
Acrílico
Filtro UV

Espesor:
3mm

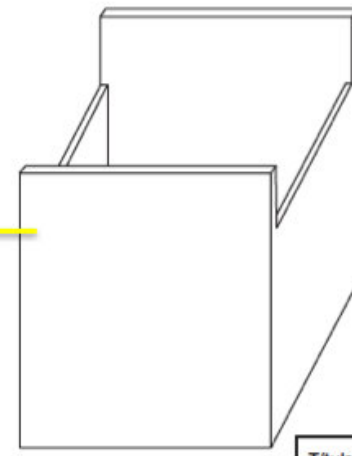
Plano #1 / Láser Power Resistor



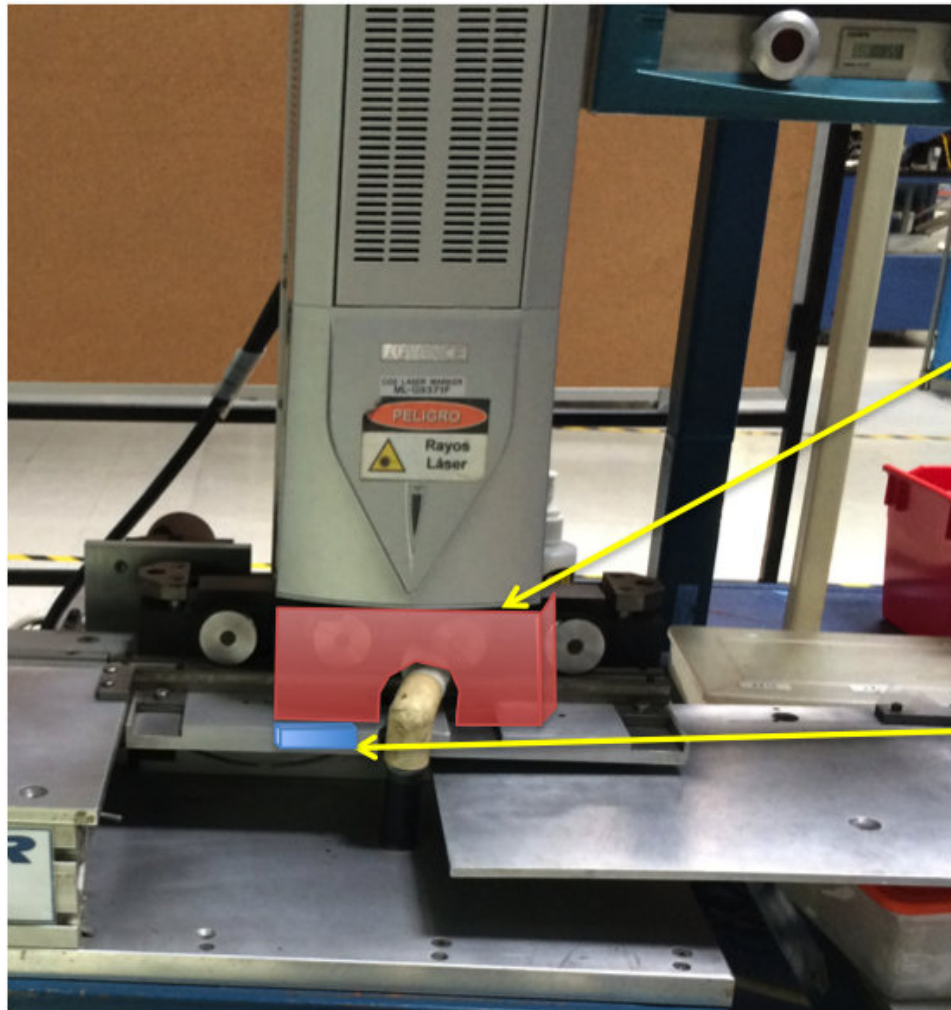
Enclavamiento



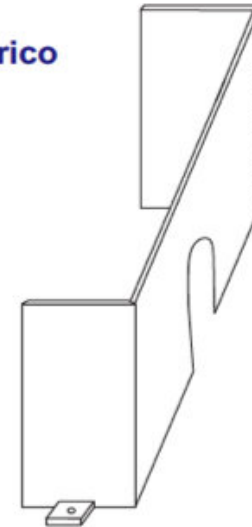
Cobertor



Plano #2 / Láser 4400



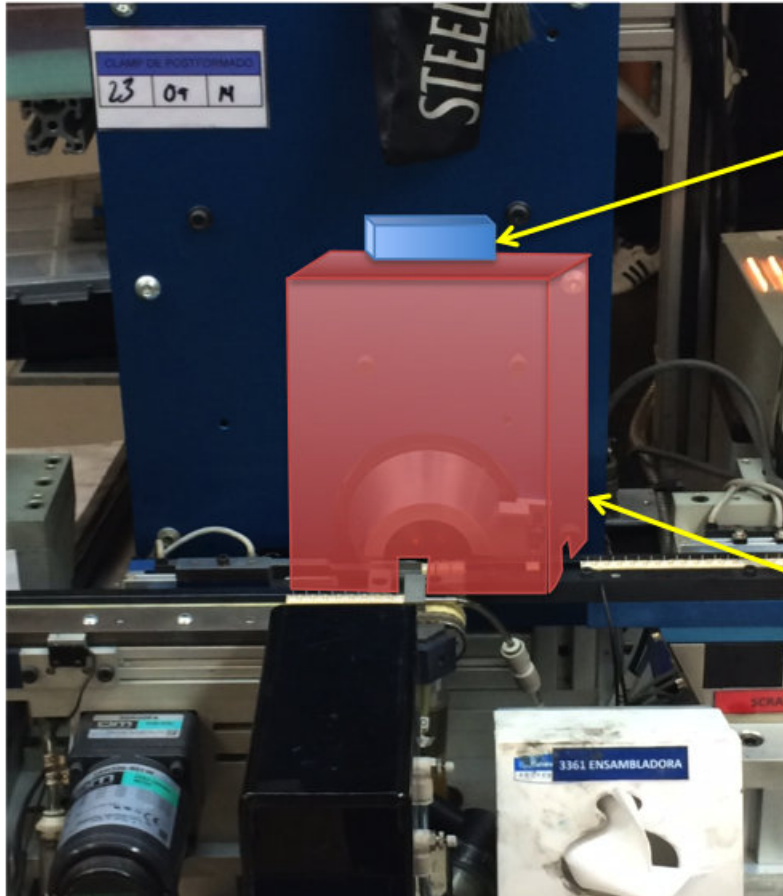
Cobertor
ríco



Enclavamiento



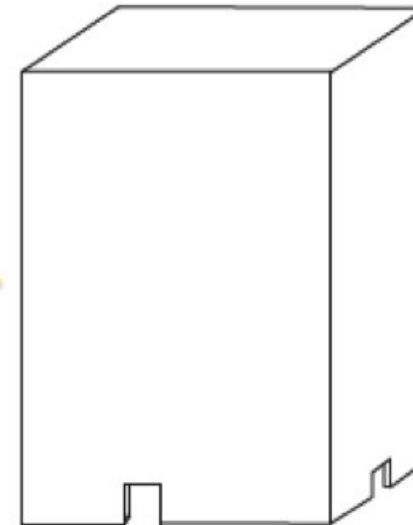
Plano #3 / Láser 3361



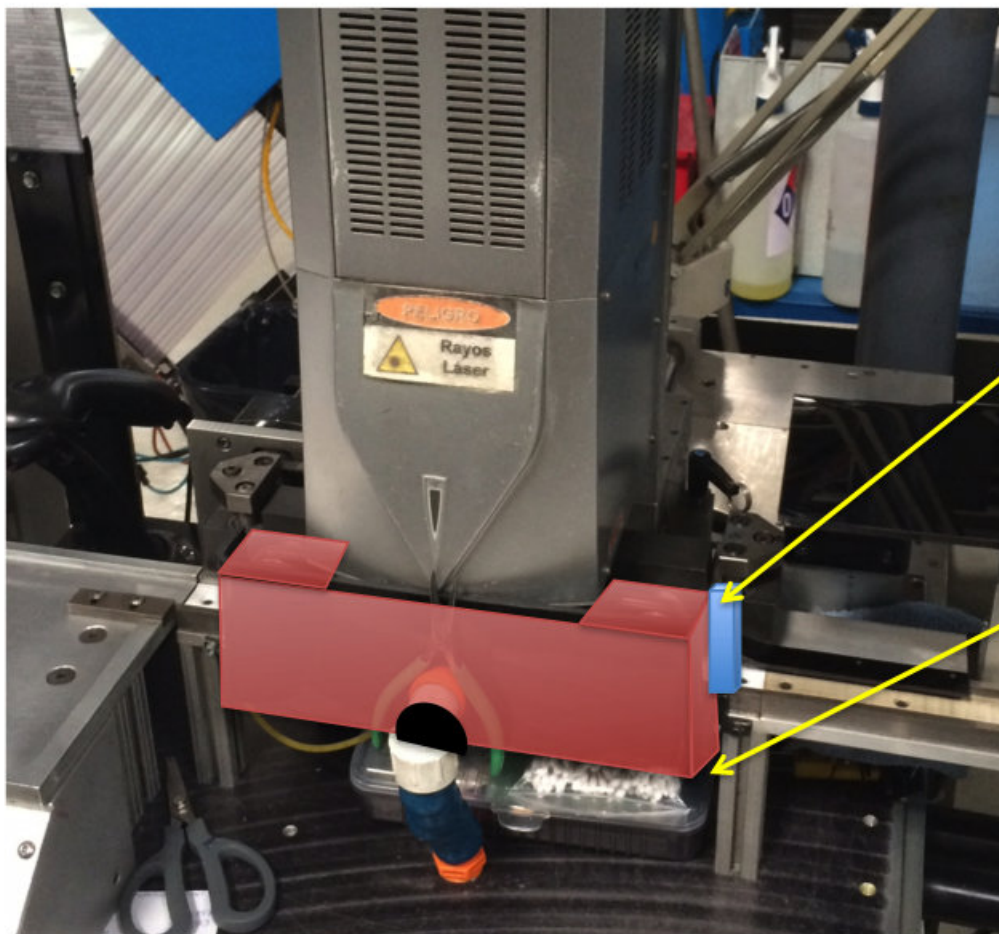
Enclavamiento



Cobertor



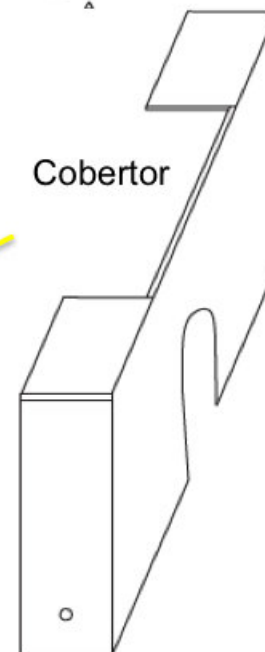
Plano #4 / Láser 4100



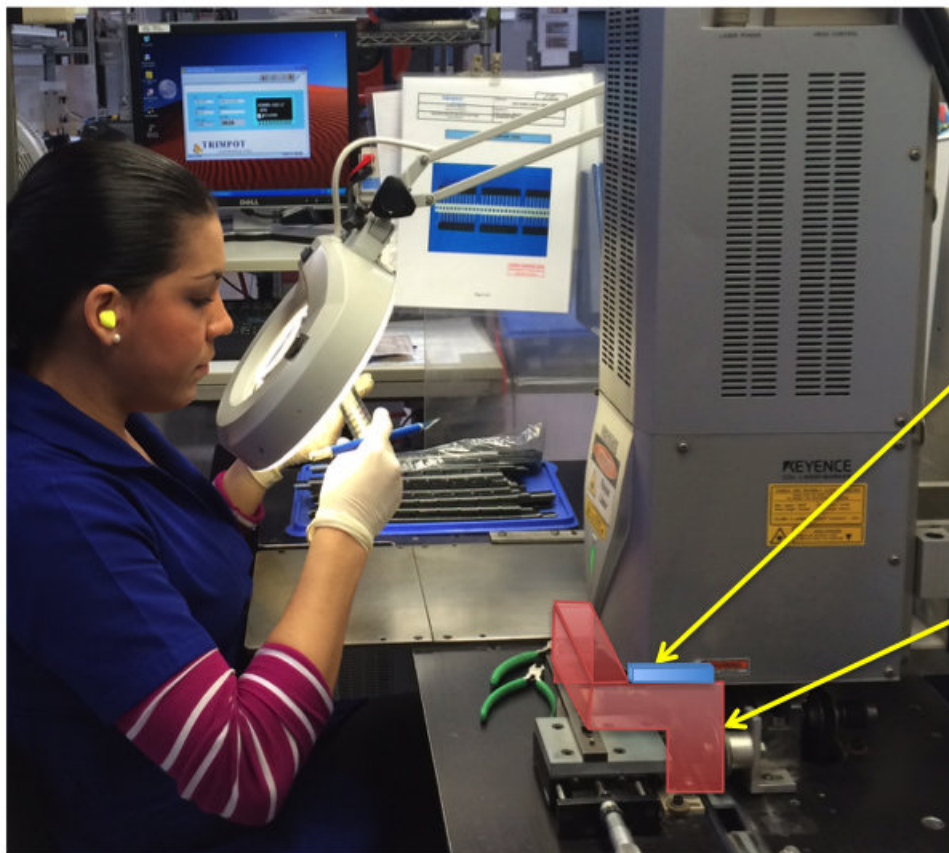
Enclavamiento



Cobertor



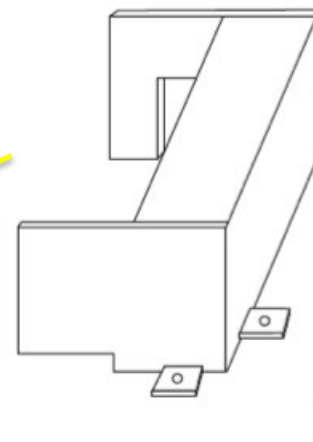
Plano #5 / Láser 4300



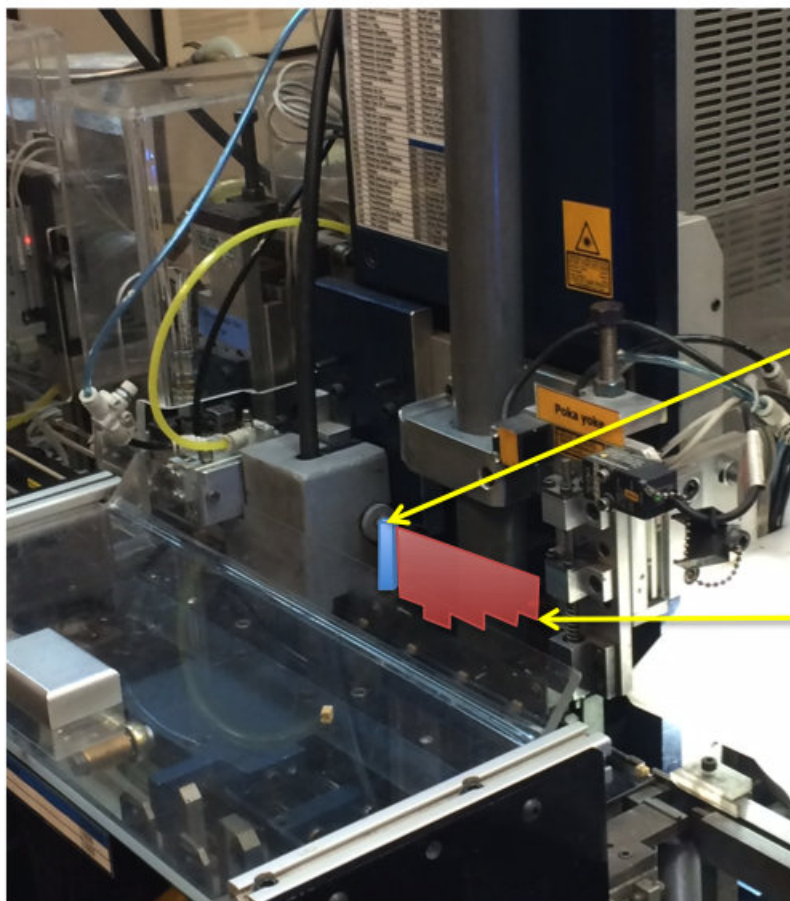
Enclavamiento



Cobertor



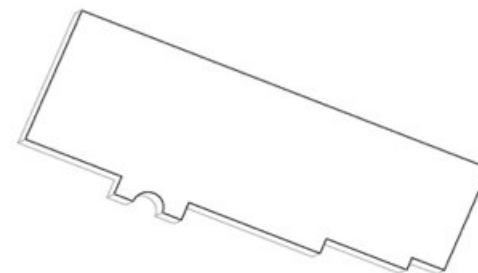
Plano #6 / UV 3324



Enclavamiento



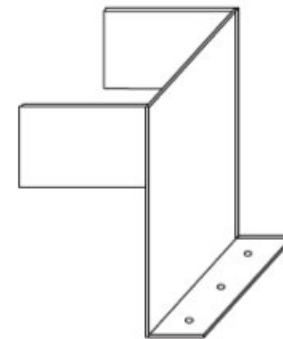
Cobertor



Plano # 7 / Láser 3323



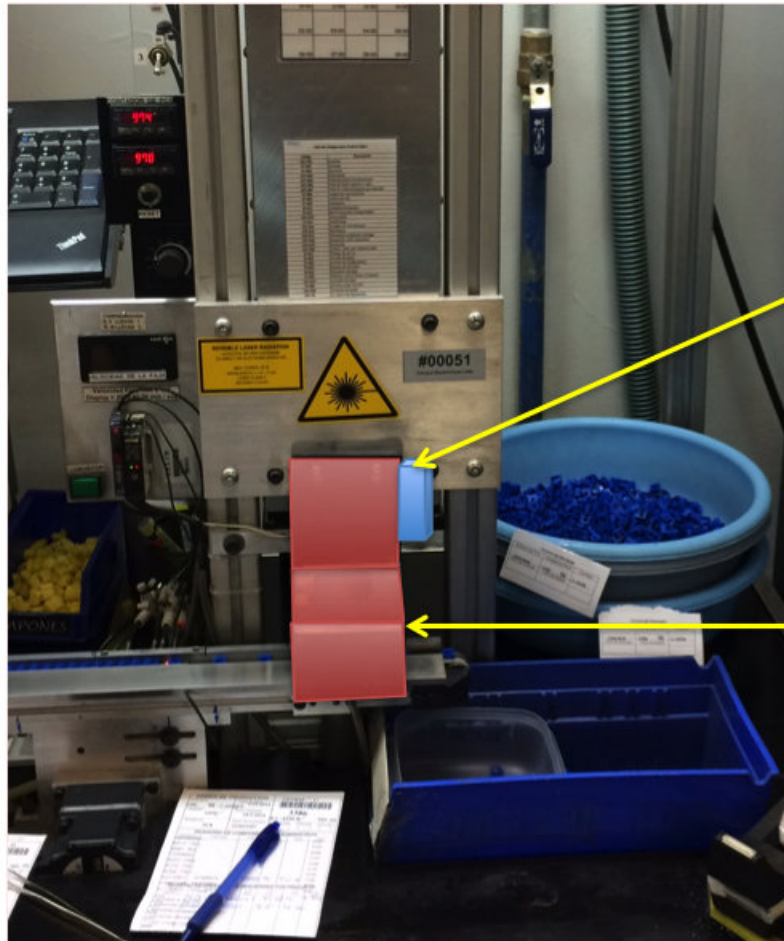
Cobertor



Enclavamiento



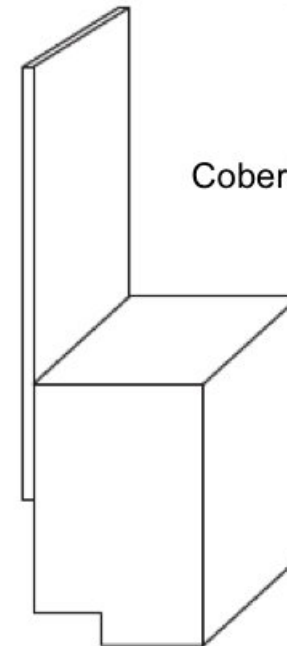
Plano #8 / 3386 Rotor Largo



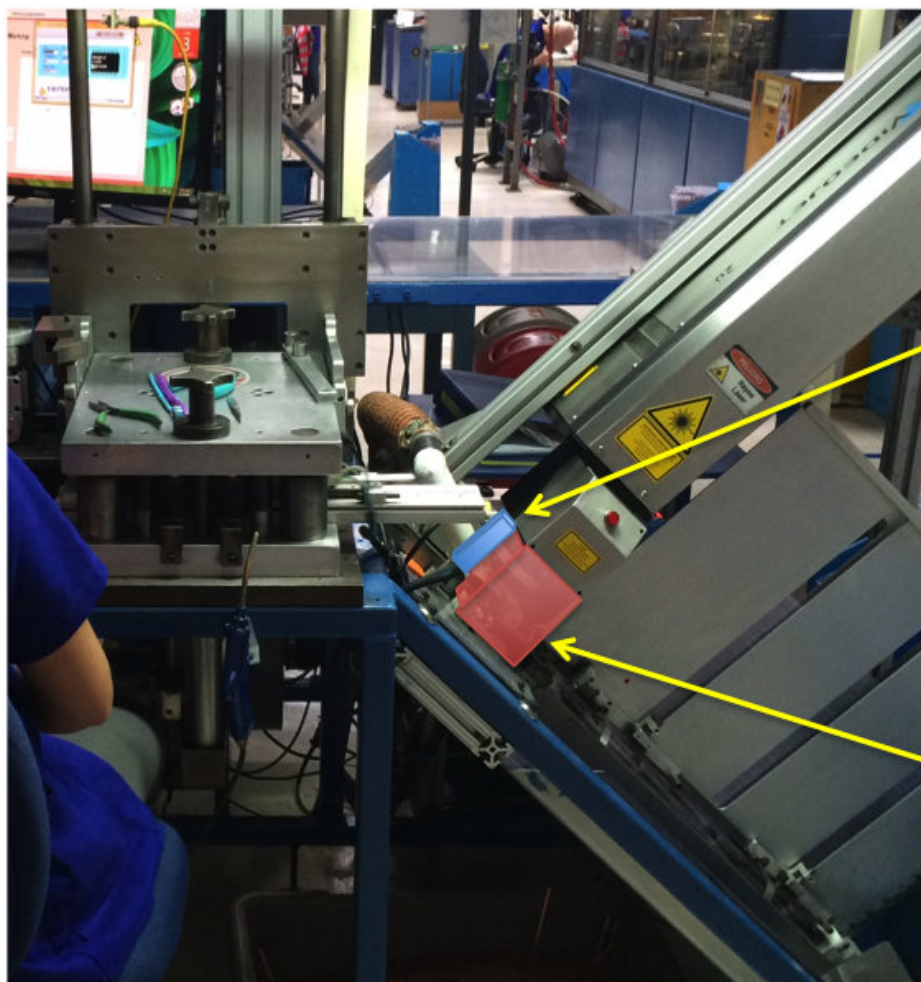
Enclavamiento



Cobertor



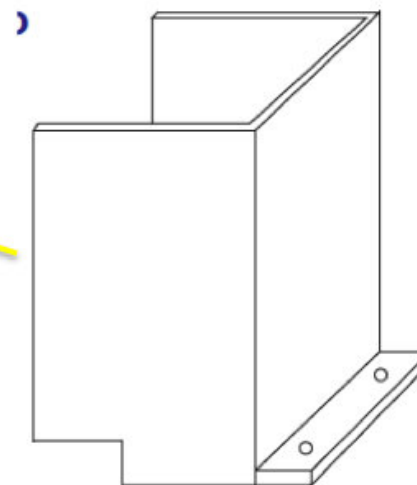
Plano #9 / Láser 4800



Enclavamiento



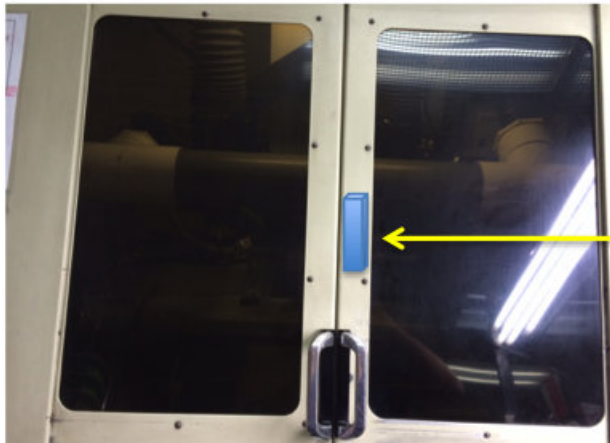
Cobertor



Plano # 10 / Láser Convergent



Cobertor



Enclavamiento



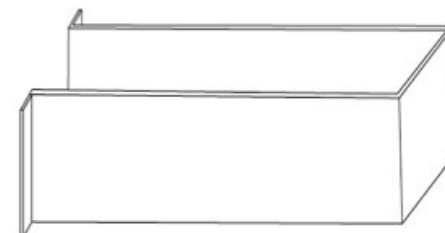
Plano #11 / GDT 5pines



Enclavamiento



Cobertor



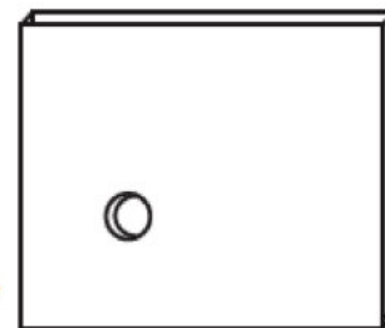
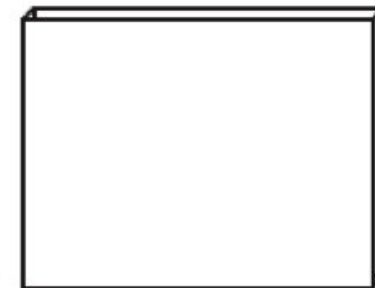
Plano # 12/ Láser GDT



Enclavamiento

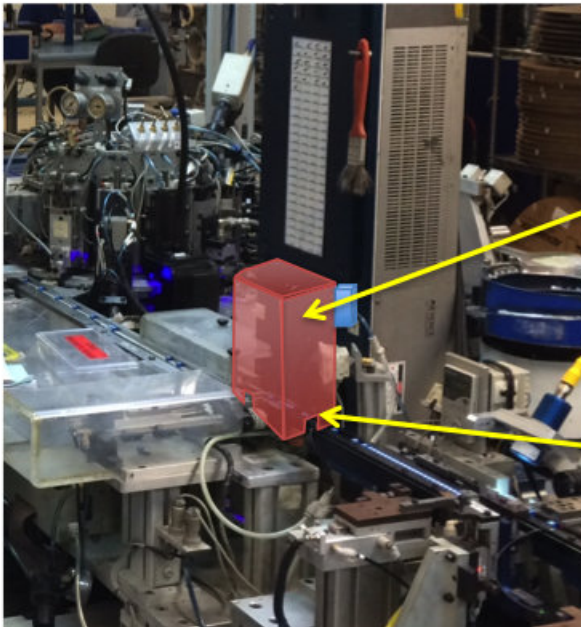


Cobertor

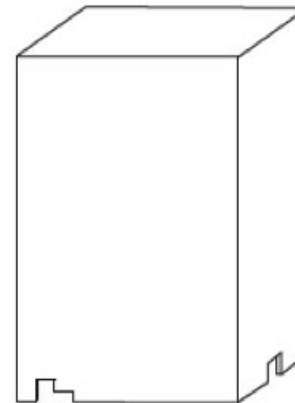


Plano #13 / SP 3362 y Familia

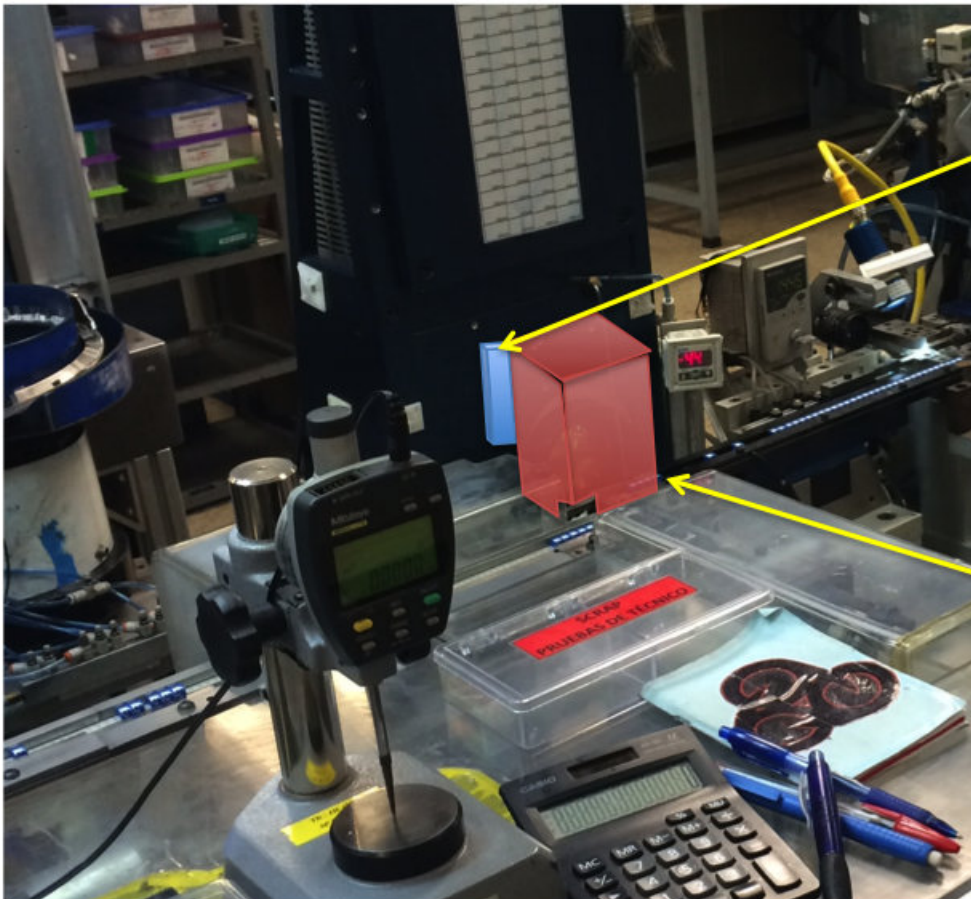
Enclavamiento



Cobertor



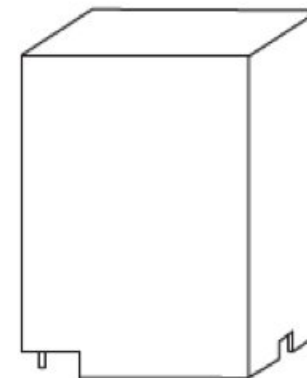
Plano #14 / SP 3386 y 96



Enclavamiento

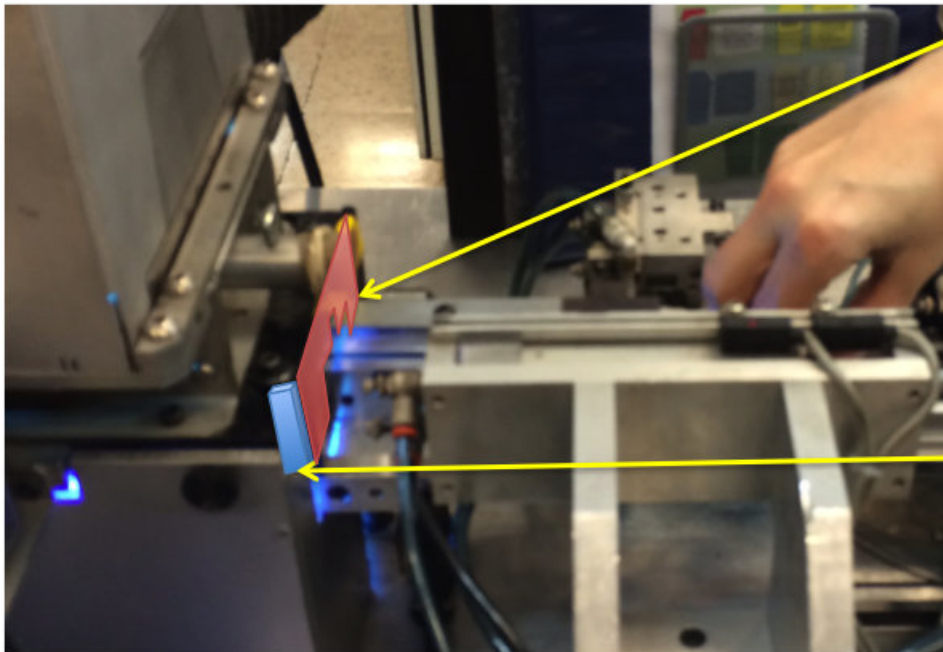
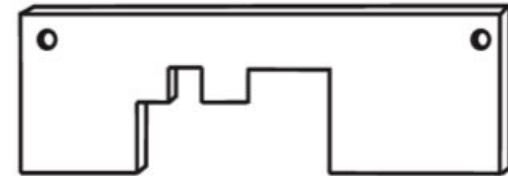


Cobertor



Plano #15 / UV 3324

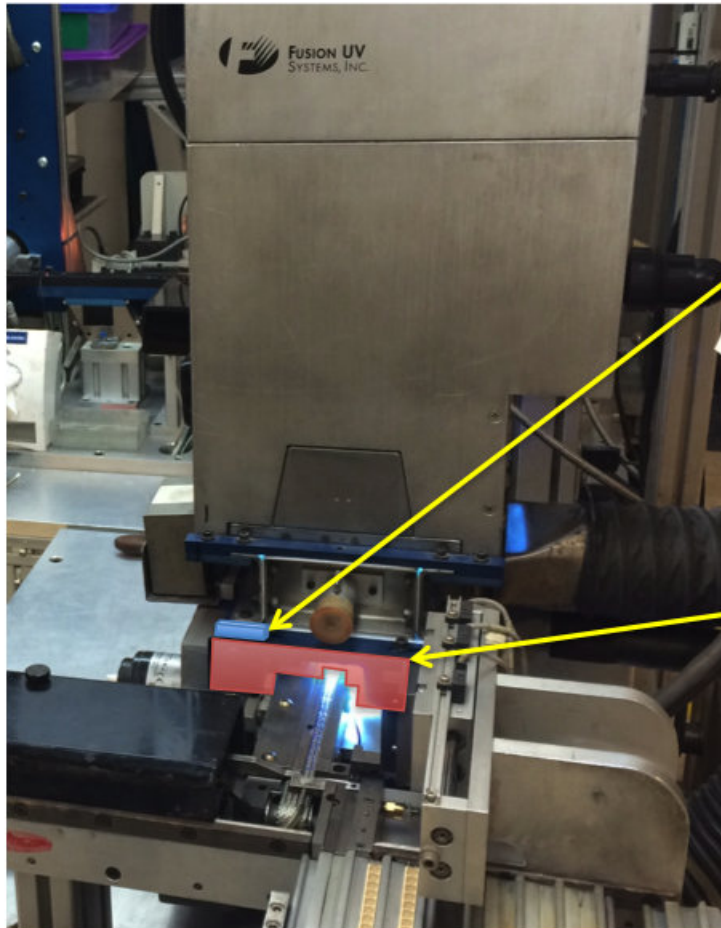
Cobertor



Enclavamiento



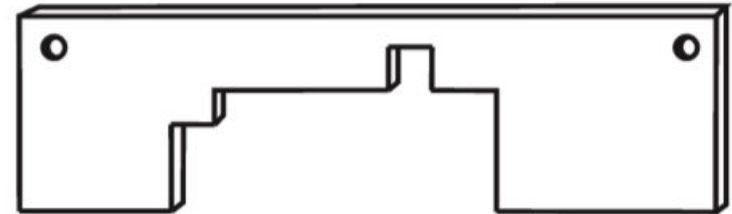
Plano #16 / UV 3361



Enclavamiento



Cobertor



VII. ANEXOS

Anexo 1. Lista de verificación de la Norma ANSI Z 136.1. -2014. *Control Measures for the Seven Laser Classes.*

Medidas de Control Ingenieriles		Especificación e Norma Ansi Z136,1	Si	No	N/A
1	Protective Housing	4,3,1	54%	46%	0%
2	Interlocks on Removable Protective Housings	4,3,2	46%	54%	0%
3	Service Access Panel	4,3,3	100%	0%	0%
4	Key Control	4,3,4	100%	0%	0%
5	Fully Open Beam Path	4.3.6.1 y NHZ	0%	85%	15%
6	Enclosed Beam Path	4.3.6.3 (None is required if 4.3.1 and 4.3.2 fulfilled)	0%	15%	85%
7	Remote Interlock Connector	4,3,7	85%	15%	0%
8	Beam Stop or Attenuator	4,3,8	100%	0%	0%
9	Activation Warning Systems	4.3.9.4	46%	54%	0%
10	Indoor Laser Controlled Area	4.3.10 y NHZ	0%	85%	15%
11	Class 4 Laser Controlled Area	4.3.10.2	0%	85%	15%
12	Controlled Operation	4.3.13	0%	100%	0%
13	Equipment Labels	4.3.14 and 4.7	38%	62%	0%
14	Laser Area Warning Signs and Activation Warnings	4.3.9	0%	100%	0%
Medidas de Control Administrativas		Especificación e Norma Ansi Z136,1	Si	No	N/A
15	Standard Operating Procedures	4.4.1	0%	100%	0%
16	Output Emission Limitations	4.4.2 and LSO Determination	0%	85%	15%
17	Education and Training	4.4.3	8%	92%	0%
18	Authorized Personnel	4.4.4	31%	69%	0%
19	Alignment Procedures	4.4.5	23%	77%	0%
20	Protective Equipment	4,6	23%	77%	0%
21	Spectators	4,4,6	0%	100%	0%
22	Warning Signs and Labels	4,7 and NHZ	31%	69%	0%
23	Service Personnel	4.4.7 and LSO Determination	8%	92%	0%
24	Laser System Modifications	4.1,2 and LSO Determination	0%	31%	69%

Fuente: Norma ANSI Z 136.1. -2014

Anexo 2. Lista de verificación del estándar Australiano Standard AS 2243.3:1998.

Lista de Chequeo "Ray X AS 2243.3:1998 "				
		Porcentaje		
		Si	No	N/A
GENERAL ARRANGEMENTS FOR IONIZING RADIATION PROTECTION				
1	Only authorised personnel shall have access to radiation sources.	0%	100%	0%
2	A radiation safety officer shall be appointed to supervise radiation safety activities.	0%	100%	0%
3	The radiation safety officer shall be kept informed of the nature of the radiation work being done in the laboratory.	0%	100%	0%
4	A register shall be kept of the receipt, location, use, transfer and disposal of radiation sources	0%	100%	0%
5	A radiation warning sign shall be displayed at the entrances to the designated radiation area. The warning sign shall show the radiation trefoil symbol in black against a yellow background. Suitable wording shall be chosen to give adequate warning of the hazard concerned.	0%	100%	0%
6	Precautions shall be taken to protect occupationally exposed and non-occupationally exposed persons from direct and scattered ionizing radiations. This may include time, distance and shielding considerations, and/or personal and area monitoring.	0%	100%	0%
7	The designated radiation area and areas likely to have an ionizing radiation hazard shall be monitored with appropriate instruments at regular intervals and the results shall be recorded.	0%	100%	0%
8	X-ray analysis units and industrial radiography X-ray units shall be fitted with appropriate interlocks to prevent personnel from accessing the primary X-ray beam.	67%	33%	0%
9	Personnel working with radiation sources shall receive training and instruction on the radiation hazards associated with their work and the safe working procedures to be employed to avoid or minimize the hazard.	33%	67%	0%
PROCEDURES, TRAINING AND INSTRUCTION				
10	Rules of safe working procedures for dealing with potential hazards shall be displayed in the laboratory.	0%	100%	0%
11	Emergency procedures for dealing with potential accidents and incidents shall be displayed in the laboratory.	0%	100%	0%
12	Personnel shall receive training and instruction on the radiation hazards associated with their work.	0%	100%	0%
13	Personnel shall receive training and instruction on safe working methods and techniques.	0%	100%	0%
14	Personnel shall receive training and instruction on precautions to be taken and reasons for taking them.	0%	100%	0%
15	Personnel shall receive training and instruction on emergency procedures.	0%	100%	0%
16	Personnel shall receive training and instruction on reporting any incident relevant to the health and safety of people and the protection of the environment.	0%	100%	0%
17	Personnel shall receive training and instruction on any regulatory requirements relating to the particular radiation source.	0%	100%	0%
18	Training records shall be maintained by the user, supervisor, radiation safety officer or a responsible person.	0%	100%	0%
19	Fail-safe interlock functioning	67%	33%	0%
PERSONAL MONITORING				
20	All persons who are occupationally exposed to ionizing radiation shall be issued with a personal dosimeter device.	0%	100%	0%
21	Precautions shall be taken to ensure that personal dosimeter devices are exposed only to those ionizing radiations that impact on the wearer during the normal course of work.	0%	100%	0%
22	Personal dosimeter devices shall be processed at regular intervals by an accredited service provider.	0%	100%	0%
23	Records of all occupational radiation doses received by occupationally exposed persons shall be maintained by the radiation safety officer or a responsible person.	0%	100%	0%
24	Radiation dose records shall be periodically reviewed by the radiation safety officer.	0%	100%	0%
25	The radiation safety officer shall inform occupationally exposed persons of any excessive doses or unusual monitoring results.	0%	100%	0%
26	Records of all occupational radiation doses received by an occupationally exposed person shall be made available to that person on request.	0%	100%	0%
27	Personal radiation dose records shall be kept during the working lifetime of the person and afterwards for not less than 30 years after the last dose assessment and at least until the person reaches or would have reached the age of 75 years.	0%	100%	0%
28	Records of all occupational radiation doses received by an occupationally exposed person shall be made available to that person on request.	0%	100%	0%

X-RAY ANALYSIS UNITS				
29	Personnel in laboratories where sources of ionizing radiation are used shall have ready access to radiation monitoring equipment.	0%	100%	0%
30	Each room, cubicle or area in which an X-ray analysis unit is operated shall have a sign at each entrance stating that an X-ray analysis unit is in that room, cubicle or area.	0%	100%	0%
31	Each room, cubicle or area in which a unit, other than a fully enclosed unit, is operated shall have at each entrance an illuminated sign or sign combined with a light which is activated only when the X-ray tube is energized and which then indicates that the X-ray tube is operating.	0%	100%	0%
32	Fail-safe warning lights or illuminated signs, or both, shall be fitted to each X-ray analysis unit and interlocked to show, unambiguously, when an X-ray tube is operating.	100%	0%	0%
33	Each X-ray analysis unit shall be clearly labelled to indicate whether it is a fully enclosed unit, or a partially enclosed unit.	33%	67%	0%
34	X-ray tubes shall be mounted in a protective and electrically shockproof housing made from material that is not readily deformed.	67%	33%	0%
35	Each aperture in the X-ray tube housing shall be covered by a shutter or a completely shielded enclosure.	33%	67%	0%
36	Each shutter shall be fitted with a positive closing device which, in the absence of an applied force, keeps the shutter closed.	67%	0%	33%
37	Each shutter shall be so constructed that it is impossible to remove the shutter and its operating mechanism without the use of tools.	67%	0%	33%
38	Each shutter shall be so constructed that the shutter and its operating mechanism is interlocked with the tube housing so that their removal de-energizes the X-ray tube.	67%	0%	33%
39	Each shutter shall be interlocked with an illuminated sign or light which is illuminated only when that shutter is open and indicates without ambiguity which shutter is open.	67%	0%	33%
40	All illuminated warnings shall be readily discernable on the unit and be duplicated where necessary.	100%	0%	0%
41	Effective beam stops shall be provided to absorb the useful X-ray beam after it has passed through the sample and the analysing components.	67%	33%	0%
42	Housings, shutters, shielded enclosures and beam stops shall be so constructed that the integrated dose rate at any accessible point 5 cm from their surfaces does not exceed 100 μ Sv in any one hour for all practical operating conditions of the X-ray tube.	67%	33%	0%
43	Interlocking devices shall be provided to prevent the generation of X-rays when the shutter or an aperture in the enclosure is open without the analysing components and beam stops being in position.	67%	0%	33%
44	Interlocking devices shall be provided to prevent the generation of X-rays when either the housing is removed from the X-ray tube or the X-ray tube is removed from the housing.	67%	0%	33%
45	Interlocking devices shall be provided to prevent the generation of X-rays when an enclosure is detached from the housing.	67%	0%	33%
46	Interlocking devices shall be provided to prevent the generation of X-rays when a beam stop is removed.	67%	0%	33%
47	X-ray fluorescence analysers shall be fully enclosed and fitted with interlocks to prevent access to the interior of the enclosure during an irradiation.	67%	0%	33%
48	Radiation shields shall be made of lead backed by supporting material having greater resistance to distortion than lead, or of dense materials not readily distorted, e.g. steel, brass or lead glass.	67%	0%	33%
49	Each person working in the vicinity of an X-ray analysis unit should wear a suitable personal monitoring device on the chest throughout all exposures made with the unit.	0%	100%	0%
50	Periodic radiation surveys of each X-ray analysis unit shall be carried out to detect unintended radiation emissions and the results of each survey recorded	100%	0%	0%
51	When the X-ray tube is energized, access of non-essential personnel to the room containing the unit shall be prevented by physical barriers. A sign warning of the operations in progress shall be placed at each entrance to the room containing the unit.	33%	67%	0%
52	For large enclosures, personnel shall be prevented from entering the enclosure during an irradiation by the provision of interlocks.	0%	67%	33%
53	For large enclosures, a warning alarm shall sound automatically for a period of at least 20 s before irradiation begins.	0%	67%	33%
54	Any person accidentally shut in a large enclosure shall be able either to leave by a suitable exit or be able to enter an adequately shielded refuge without delay.	100%	0%	0%
55	Where an irradiation takes place in a large enclosure it shall be capable of being stopped or quickly interrupted from within the enclosure.	100%	0%	0%

Fuente: AS 2243.3:1998.

Anexo 3. Lista de verificación UV Radiation Safety Program at the University of Toronto

Lista de Chequeo "UV Radiation Safety "				
		Si	No	N/A
Sources of Ultra-Violet Light				
1	UV sources are properly labeled as being UV sources.	83%	17%	0%
2	Hazard warning information is present.	83%	17%	0%
Engineering Controls				
3	The UV source is properly enclosed	83%	17%	0%
4	Fail-safe interlock present	0%	100%	0%
5	Fail-safe interlock functioning	0%	100%	0%
Training and Information				
6	UV users have received training	0%	100%	0%
7	Training is documented	0%	100%	0%
8	UV users are aware of the hazards of UV light	0%	100%	0%
Administrative Controls				
9	The UV source is registered with the RPS	0%	100%	0%
10	The functioning of the interlock is verified routinely	0%	100%	0%
PPE				
11	UV goggles and/or full face shields are worn.	83%	17%	0%
12	Gloves and protective clothing are worn.	0%	100%	0%
13	Exposure time is limited.	0%	100%	0%

Fuente: Universidad de Toronto, 2011.

Anexo 4. Certificado de calibración del radiómetro

SPER SCIENTIFIC LTD. Environmental Measurement Instruments

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Sper Scientific certifies that this instrument meets or exceeds published specifications and has been calibrated in a controlled environment with a calibration point at electronic adjustment spectrum of 365nm. Calibration Source: Standard UV Detector (Optimum UV365) N.M.L. A080854 & Autorange Picoammeter (Keithley 485) N.M.L. A9808401 with an uncertainty of 5.2%. This instrument has been calibrated using standards traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST/ISA) or National measurement Laboratory R.O.C. (NML/ROC)

Equipment Used:

Manufacturer	Model:	Serial No.:	Calibration Date:
Sentry	UVAB-ST513	81213002046	April 23, 2016.

This standard is traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST) during the manufacturing process. The Calibration was accomplished by electronic calibration systems specially designed for test instrument manufacturing in accordance with standards maintained by the laboratories at Sentry Optronics Corp.

LIGHT METER TEST REPORT

Certificate Number: 140903068472
Model Number: 8500090
Description: UVA/B Light Meter
UV Range: 1µW/cm² - 40.00mW/cm²
Calibration Point: 365nm
Accuracy: ±4% ±1digit
Serial Number: 068472
Calibration Type: Electronic Adjustment
Calibration Date: 9/3/14

Spectrum	Standard Unit	Up Limit	Low Limit	Adjustment	Test Unit
280-400nm	1472.75 µW	1531.68 µW	1413.84 µW	Automatic	Pass

RELATIVE HUMIDITY: 42 %
TEMPERATURE: 22°C

CERTIFICATE EXPIRATION DATE: 09/15
TEST REPORT LINE NUMBER: 58672

NIK VINKOV

Supervisor Quality Assurance
Sper Scientific

8281 EAST EVANS RD. SUITE #103, SCOTTSDALE, AZ 85260 • P. 480.948.4448 • F. 480.967.8736 • SPERSCIENTIFIC.CO

Fuente: Sper Scientific, 2014.

Anexo 5. Informe de Laboratorio Proxtronic



TRIMPOT ELECTRONICAS LTDA
239, SAN ANTONIO 10701, COSTA RICA 2
TELEFONO: 2298 3800
COSTA RICA

PROXTRONICS CR LTDA

EXPERTOS EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
200 mts. Norte del Liceo Samuel Saénz, Heredia, COSTA
RICA

CENTRAL (506) 2262-7332
FAX (506) 4034-6580



REPORTE DOSIMÉTRICO DE RADIACIÓN

CUENTA	SERIE	ORDEN DE TRABAJO ANALÍTICO	FECHA DE IMPRESIÓN dd/mm/aa	DÍA LECTURA dd/mm/aa	TIEMPO DE REPORTE EN DÍAS	PÁG. NO.
100072	0	11872	27/10/14	23/10/14	4	1 DE 2

NÚMERO DE PARTO PANTE	NOMBRE			N° DOSIMETRO	TIPO	DOSIS EQUIVALENTE(mSv) PARA PERIODOS INDICADOS ABAJO			DOSIS ACUMULADA TRIMESTRAL DOSIS EQUIVALENTE(mSv)			DOSIS ACUMULADA AÑO EN CURSO DOSIS EQUIVALENTE(mSv)			DOSIS ACUMULADA EN LA VIDA DOSIS EQUIVALENTE(mSv)			REPORTES POR AÑO	FECHA DE INICIO (MM/AA)	
	NÚMERO DE IDENTIFICACION	FECHA DE NACIMIENTO DD/MM/AA	SEXO			PRO FONDO DDE	OJO LDE	SUPER FICIAL SDE	PRO FONDO DDE	OJO LDE	SUPER FICIAL SDE	PRO FONDO DDE	OJO LDE	SUPER FICIAL SDE	PRO FONDO DDE	OJO LDE	SUPER FICIAL SDE			
PERIODO DE MONITOREO:						01/09/2014 - 30/09/2014			OTR 1				2014							
00000	CONTROL			1013330	TL-CT	0.14	0.14	0.14	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00001	MEJIAS SHIRLEY 10881087 6			F	0025754	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00002	DUARTE MARITZA 20505024 9			F	0043885	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00003	SOLANO EUGENIA 40142011 7			F	1012394	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00004	LOPEZ ROSA 15580508 6719			F	0014934	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00004	LOPEZ ROSA 15580508 6719			F	0009043	TL-EX	M	M	0.31	M	M	0.31	M	M	0.31	M	M	0.31	2	09/14
00005	ALFARO MILEIDY 20628011 5			F	0001916	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00006	GONZALEZ CECILIA 70143066 9			F	0044309	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00007	CARVAJAL HANNIA 10899020 1			F	1011197	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	
00008	BOLAÑOS MARIA 20400069 0			F	1011080	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14	

M: MINIMA DOSIS EQUIVALENTE REPORTADA
*- LECTURA SIN SUSTRACCIÓN DE DOSIMETRO DE CONTROL

REVISADO Y VALIDADO POR GERENTE TÉCNICO: JIRC

DGS-UGR-CR-090-2006-S

REPORTE DOSIMETRICO DE RADIACIÓN

CUENTA	SERIE	ORDEN DE TRABAJO ANALITICO	FECHA DE IMPRESIÓN dd/mm/aa	DIA LECTURA dd/mm/aa	TIEMPO DE REPORTE EN DIAS	PAG. NO.
100072	0	11872	27/10/14	23/10/14	4	2 DE 2

NUMERO DE PARTICIPANTE	NOMBRE			N° DOSIMETRO	TIPO	DOSIS EQUIVALENTE(mSv) PARA PERIODOS INDICADOS ABAJO			DOSIS ACUMULADA TRIMESTRAL DOSIS EQUIVALENTE(mSv)			DOSIS ACUMULADA AÑO EN CURSO DOSIS EQUIVALENTE(mSv)			DOSIS ACUMULADA EN LA VIDA DOSIS EQUIVALENTE(mSv)			REPORTES POR AÑO	FECHA DE INICIO (MM/AA)
	NUMERO DE IDENTIFICACION	FECHA DE NACIMIENTO DD/MM/AA	SEXO			PROFUNDO DDF	OJO LDC	SUPERFICIAL SDF	PROFUNDO DDF	OJO LDC	SUPERFICIAL SDF	PROFUNDO DDF	OJO LDC	SUPERFICIAL SDF	PROFUNDO DDF	OJO LDC	SUPERFICIAL SDF		
00009	NÚÑEZ CAROLINA	205530396	F	0012289	TL-CE	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	1	09/14
00010	CASTRO YADIRA	401400642	F	0130843	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00011	DELGADO HILDA	203580353	F	1010125	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00013	MORALES LILIANA	205670120	F	5010186	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00014	MATARRITA FLOR	502860666	F	9120147	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00015	QUIROS JUAN	205990998	M	0046139	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00016	LENA JOSE	602760689	M	0002013	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00017	CALEIRO JOSE	155815845230	M	0030479	TL-CE	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	1	09/14
00018	IBARRA IVANNIA	503230019	F	0030247	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14
00019	RODRIGUEZ CINDY	205930951	F	0014348	TL-CE	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	09/14

M: MINIMA DOSIS EQUIVALENTE REPORTADA

REVISADO Y VALIDADO POR GERENTE TÉCNICO: JIRC

DGS-UGR-CR-090-2006-S

* - LECTURA SIN SUSTRACCIÓN DE DOSIMETRO DE CONTROL

INFORMACIÓN GENERAL

Dosímetro de anillo: Las lecturas de anillo se reportan como una dosis superficial. INFORMACIÓN DEL REPORTE DOSIMÉTRICO La información de cada participante es reportada en 2 o más líneas.

Dosis equivalentes para periodos indicados abajo: Acumula las dosis recibidas para ese periodo de uso Dosis acumulada en el año en curso: Son los correspondientes a las dosis recibidas desde el comienzo del año hasta la fecha. Dosis Acumulada en la vida: Corresponden a las dosis recibidas desde el comienzo del servicio hasta la fecha.

LÍMITE ANUAL DE DOSIS

Cuerpo entero	20 mSv/año
Cristalino	150 mSv/año
Extremidades y piel	500 mSv/año
Feto (Periodo Gestacional)	1 mSv
Público en general	1 mSv/año

EXPLICACIÓN DE LA PRIMERA LÍNEA Número de participante: Número único asignado por Proxtronic CR Ltda. Nombre: El nombre de la persona que se le asigna el dosímetro. Número de Dosímetro: Identificación del dosímetro

Reportes por año: Corresponde al número de veces que el nombre de un participante ha aparecido en los reportes de Proxtronic CR durante el año en curso

Las diferentes agencias regulatorias tienen diferentes límites de exposición. Verifique las regulaciones aplicadas en su área para cumplir con los requerimientos. Se recomienda una investigación interna para determinar las causas de dosis en tejido profundo superiores a 1.67 mSv por periodo mensual

Tipo: Se refiere al tipo y localización en el cuerpo

Fecha de Inicio: Corresponde a la fecha en que Proxtronic CR empezó a mantener registros de dosimetría para un participante en la cuenta actual.

Dosímetro de control: El dosímetro de control es incluido en cada envío de dosímetros para monitorear la exposición a la radiación durante el tránsito y almacenamiento. En las instalaciones del cliente, el control debe guardarse en un área libre de radiación durante el periodo de uso.

Uso	Localización
TL-AM	Monitor de área
TL-CE	Tórax
TL-CT	Control
TL-EX	Extremidad

EXPLICACION DE LA SEGUNDA LÍNEA La información personal del participante consiste en documento de identidad, fecha de nacimiento y sexo.

Dosis equivalente mínima reportada: Dosis equivalente por debajo de la cantidad mínima cuantificable para el periodo de uso son registrados como "M". Los niveles mínimos de reporte varían de acuerdo al tipo de dosímetro y calidad de la radiación, de acuerdo a los siguientes parámetros:

TL: Dosímetro termoluminiscente

Notas al cliente Los ensayos con dosimetría OSL poseen una homologación emitida por ECA

Radiación	OSL	TLD
Fotones (Rx y/o Gamma)	0.01 mSv	0.1 mSv
Beta:	0.1 mSv	0.2 mSv
Neutrones:	0.2 mSv ráp. 0.1 mSv termal	
Fetal:	0.01 mSv	0.1 mSv
Anillos		0.3 mSv

Dosis equivalente profunda, cristalino y superficial:

- La dosis profunda equivalente aplicada a la exposición externa del cuerpo entero a una profundidad de 1 cm a tejido (1000 mg/cm²).
- La dosis equivalente a cristalino aplicada a exposición externa del lente a una profundidad de 0.3 cm a tejido (300 mg/cm²).
- La dosis equivalente superficial aplicada a la exposición externa de la piel o extremidades a una profundidad de 0.007 cm (7 mg/cm²) a tejido con un promedio de un área de 1 cm².

Permisos en Costa Rica Licencia DGS-UGR-CR-090-2006-S

Fuente: Proxtronic, 2014