



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

Informe Solicitado:

Evaluación de riesgo radiológico

Laboratorio de Radiofrecuencias

Informe: IS/KLYNSTRON/2018

Fecha revisión: 09/02/2018

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	3
2	Documentación aplicable	3
3	Descripción del LABORATORIO de RADIOFRECUENCIAS.....	3
4	Estudio de seguridad. Verificación.	4
4.1	<i>Estimación de dosis</i>	4
4.2	<i>Verificación de los sistemas de seguridad. Blindajes y equipos de protección individual.</i>	5
4.3	<i>Equipos de detección y medida de la radiación.</i>	5
4.4	<i>Clasificación del personal. Vigilancia dosimétrica y médica de los trabajadores.</i>	6
4.5	<i>Clasificación de zonas.....</i>	6
5	Reglamento de funcionamiento.....	6
5.1	<i>Control de accesos.....</i>	6
6	Plan de Emergencia Interior.....	7
	ANEXO I. Plano de situación y acceso.....	8
	ANEXO II. Especificaciones del equipo	11

1 **OBJETIVO**

El objetivo de este informe es la evaluación de seguridad, por parte del Área de Protección Radiológica, del laboratorio KLYNSTRON del IFIC, con el fin de establecer las medidas de seguridad adecuadas para la protección de los trabajadores, así como la documentación requerida para su puesta en marcha, en caso necesario, conforme a la normativa vigente en materia de protección radiológica.

2 **Documentación aplicable**

En la realización de la presente revisión fueron de aplicación los siguientes documentos:

- Manual de Protección Radiológica del Área de Protección Radiológica de la Universidad de Valencia. Versión 1.5 (Diciembre de 2017).
- Real Decreto 1836/1999, modificado por el Real Decreto 35/2008, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Real Decreto 783/2001, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
- Orden ECO/1449/2003, sobre gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en las instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría, en las que se manipulan o almacenan isótopos radiactivos no encapsulados.

3 **Descripción del LABORATORIO de RADIOFRECUENCIAS.**

El laboratorio donde se ubicará el equipo KLYNSTRON, se encuentra en la planta baja del Edificio 10 (Servicios Científicos y Tecnológicos) del Parque Científico, C/ Catedrático Agustín Escardino Benlloch nº 9, 46980 Paterna (Valencia). En el ANEXO I se incluye el plano de situación.

Dicho laboratorio (nº 29) consta de una sala con un laberinto de hormigón en cuyo interior se situará el equipo KLYNSTRON. La planta superior está ocupada por despachos y laboratorios, mientras que las salas anexas corresponden a: pasillos, un almacén de escaso uso y el exterior del edificio. En el Anexo II se detallan las especificaciones del equipo:

DENOMINACIÓN	MARCA	MODELO	DISTRIBUIDORA
Pulsed Klynstron Amplifier	Communications & Power Industries LLC (CPI)	Type No. VKS-8262G1	Communications & Power Industries LLC

4 Estudio de seguridad. Verificación.

4.1 Estimación de dosis

La estimación de dosis se ha realizado tomando como referencia las medidas experimentales realizadas en el CERN, con un equipo KLYNSTRON de iguales características al referido en este informe. Dichas medidas se realizaron con el equipo en funcionamiento, a 25 Hz y 50 cm de distancia. Los cálculos se han realizado considerando que el equipo funcionará a frecuencias superiores (hasta 400 Hz), multiplicando por tanto la dosis experimental en un factor 16.

Teniendo en cuenta que se estima que el equipo podrá estar en funcionamiento durante 8 semanas al año, y que un trabajador podría estar en el laboratorio cinco días por semana, durante la jornada laboral completa, las dosis calculadas y el espesor de blindaje necesario para no superar los límites de dosis al público, en distintos puntos del laboratorio y salas anexas, se indican a continuación:

EVALUACIÓN DE RIESGOS SALA KLYNSTRON

Tasa de dosis medida en el CERN a 25 Hz:	3	mSv/h
Semanas estimadas/año: 8	Tiempo:	320,0 h/año

A 500 Hz

	Distancia/m	DOSIS mSv/año
Laboratorio	2,4	666,8
Búnker	3	426,7
Piso superior	3	426,7
Exterior	5,4	131,7

Blindajes

Lugar	T(F.Ocup)	Distancia/m	A 0,15 MeV		A 1 MeV	
			e H/cm	e Pb/mm	e H/cm	e Pb/mm
Laboratorio	1	2,4	21,0	2,8	41,3	74,1
Búnker	1	3	19,6	2,6	38,4	69,0
Piso superior	1	3	19,6	2,6	38,4	69,0
Exterior	0,5	5,4	13,5	1,8	26,6	47,7

MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Pared de 60 cm HORMIGÓN

	150 keV	1 MeV
DOSIS mSv/año	5,76E-06	0,05
BLINDAJE <1 mSv/año	CORRECTO	CORRECTO

DOSIS EN CASO DE EMERGENCIA

Tasa D medida:	3	mSv/h
Tasa D calculada máxima frecuencia (interior búnker):	1,33	mSv/h
El tiempo máximo de exposición para no superar los límites de dosis del público:	45	min

En estas condiciones de trabajo, se requerirían entre 20 y 40 cm de hormigón, para que, tanto en las salas anexas como en el interior del laboratorio no se superen los límites de dosis para el público en general (1 mSv). El laberinto dispone de paredes de hormigón de 60 cm, por lo que se cumple este requisito.

En el pasillo anexo y el exterior del edificio, teniendo en cuenta la distancia y ocupación de los mismos no se requiere blindaje adicional. Para el piso superior, será necesario un blindaje de al menos 20 cm de hormigón. Por tanto, se recomienda instalar un techo en el laberinto de dicho espesor.

4.2 Verificación de los sistemas de seguridad. Blindajes y equipos de protección individual.

Las paredes del laberinto están constituidas por bloques de hormigón de 60 cm de espesor, por lo que son suficientes para proporcionar una protección a los trabajadores, tanto dentro de la sala, como en el exterior. Es necesario añadir un recubrimiento en las paredes para evitar las rendijas o huecos existentes en las mismas, además de techo sobre el laberinto, de al menos el espesor de hormigón indicado en el apartado anterior.

Para evitar posibles incidentes, se aconseja:

- Disponer de control de accesos al laberinto mediante enclavamiento, de manera que la apertura de una puerta bloquea eléctricamente, mediante contactos auxiliares las otras dos.
- Incluir una puerta o mampara en el laberinto, con blindaje de Pb de al menos 2 mm de espesor.
- Disponer de normas o protocolos de trabajo, informar a los trabajadores sobre dichas normas, así como formación sobre riesgos y medidas de protección radiológicas apropiadas.

4.3 Equipos de detección y medida de la radiación.

Sería conveniente instalar un equipo de medida de radiación tipo baliza, para la verificación de radiación ambiental de los lugares de trabajo, con dispositivos de alarma en caso de superación de límites de dosis.

El Servicio de Protección Radiológica, realizará medidas de radiación ambiental, así como la verificación de los blindajes y medidas de seguridad, con el equipo en funcionamiento, con periodicidad anual como mínimo, y siempre que cambien las condiciones de trabajo, conforme al procedimiento *PTR-02. Vigilancia de la radiación externa*, del Manual del Protección Radiológica del SPR.

La verificación de los monitores de radiación será realizada anualmente por el Servicio de Protección Radiológica, conforme a lo establecido en el *PTR-07 Programa de calibraciones y*

verificaciones. La calibración de los mismos se realizará en centros autorizados cada cinco años, teniendo en cuenta el uso del equipo y recomendaciones del fabricante.

4.4 Clasificación del personal. Vigilancia dosimétrica y médica de los trabajadores.

Los trabajadores que accedan al laboratorio no tendrán la consideración de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, siempre que no cambien las condiciones contempladas en el presente informe.

No obstante, se puede llevar a cabo un control dosimétrico personal para los trabajadores que desarrollen habitualmente su trabajo en la sala KLYNSTRON, o dosimetría de área en zonas ocupadas habitualmente, con el fin de verificar las dosis recibidas. En este caso, la lectura de la dosimetría personal o de área, se realizará en un Servicio autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Al no ser personal clasificado como expuesto a radiaciones ionizantes, no será necesario realizar ningún tipo de examen médico específico, por lo que la vigilancia médica será la que establezca el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Valencia.

El Servicio de Protección Radiológica archivará copia de los historiales dosimétricos y certificados médicos (*PTR-04. Clasificación, control dosimétrico y médico del personal expuesto*), así como de todos los informes y medidas de verificación de radiación ambiental que se realicen, según lo estipulado en la IS-16 (2008) del CSN, de acuerdo con el protocolo *PTR-11. Archivo de documentación* del SPR.

4.5 Clasificación de zonas.

El laboratorio, así como las zonas colindantes se clasificarán como de acceso público, ya que es improbable que se superen los límites de dosis al público.

No obstante, es conveniente establecer un control de accesos al laberinto, como se especifica en apartado 5.1, de forma que no se pueda acceder al mismo con el equipo en funcionamiento.

5 Reglamento de funcionamiento

5.1 Control de accesos.

La puerta de acceso al Laboratorio dispone de cerradura, además de sistema de enclavamiento. Asimismo, el equipo KLYNSTRON dispone de un sistema de puesta en marcha, que requiere de llave que se acciona desde el exterior del laberinto. Las llaves de acceso al laboratorio y puesta en marcha del equipo estarán bajo la custodia de los responsables del laboratorio.

En caso de que se produzca un incidente, que de lugar a la sospecha de superación de los límites de dosis, o sobreexposición accidental, se procederá a notificar y elaborar un informe que se remitirá al CSN, en el que se recogerá, como mínimo, la información que se detalla en la ficha de la tabla 2 de la Guía de Seguridad GS-7.5 (Rev. 1), de 26 de mayo de 2005.

6 Plan de Emergencia Interior

La medida básica de emergencia es la parada y desconexión eléctrica del equipo. Dicha desconexión deberá poder realizarse tanto desde dentro del laberinto, como desde el exterior del mismo.

En caso de producirse un fallo en el suministro eléctrico, ya sea por problemas internos o externos a la instalación, dando lugar a fallos de los sistemas de seguridad:

- Se evaluará las posibles consecuencias radiológicas del accidente.
- No se reanudará ningún trabajo con el equipo, hasta que se haya resuelto el problema.
- En caso de que, a juicio del responsable de protección radiológica, implique un riesgo radiológico a personas, además de lo anteriormente citado, se llevarán a cabo las siguientes actuaciones:
 - Se avisará al C.S.N. (sala de emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear, SALEM) y a la Dirección General de Industria y Energía de la Consejería de Industria y Comercio de la Comunidad Valenciana dentro de las primeras 24 horas desde el conocimiento del suceso, así como al Servicio de Médico y al propio interesado.
 - La emergencia será objeto de un informe en el plazo de 30 días, independientemente de la comunicación. Este se realizará tomando como referencia el modelo recomendado por el CSN "Informe sobre suceso en instalaciones radiactivas".

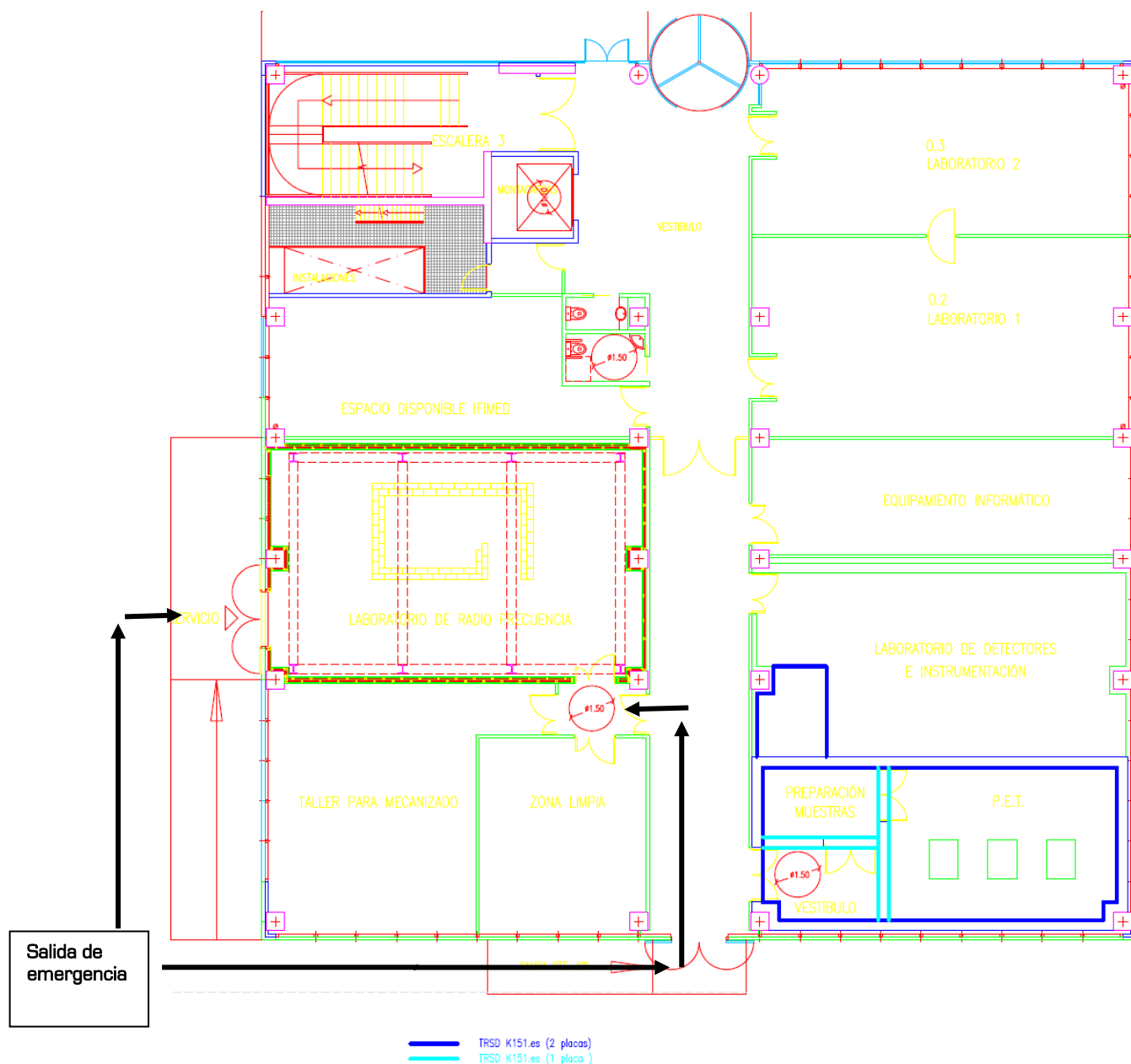
Burjassot, 12 de febrero de 2018



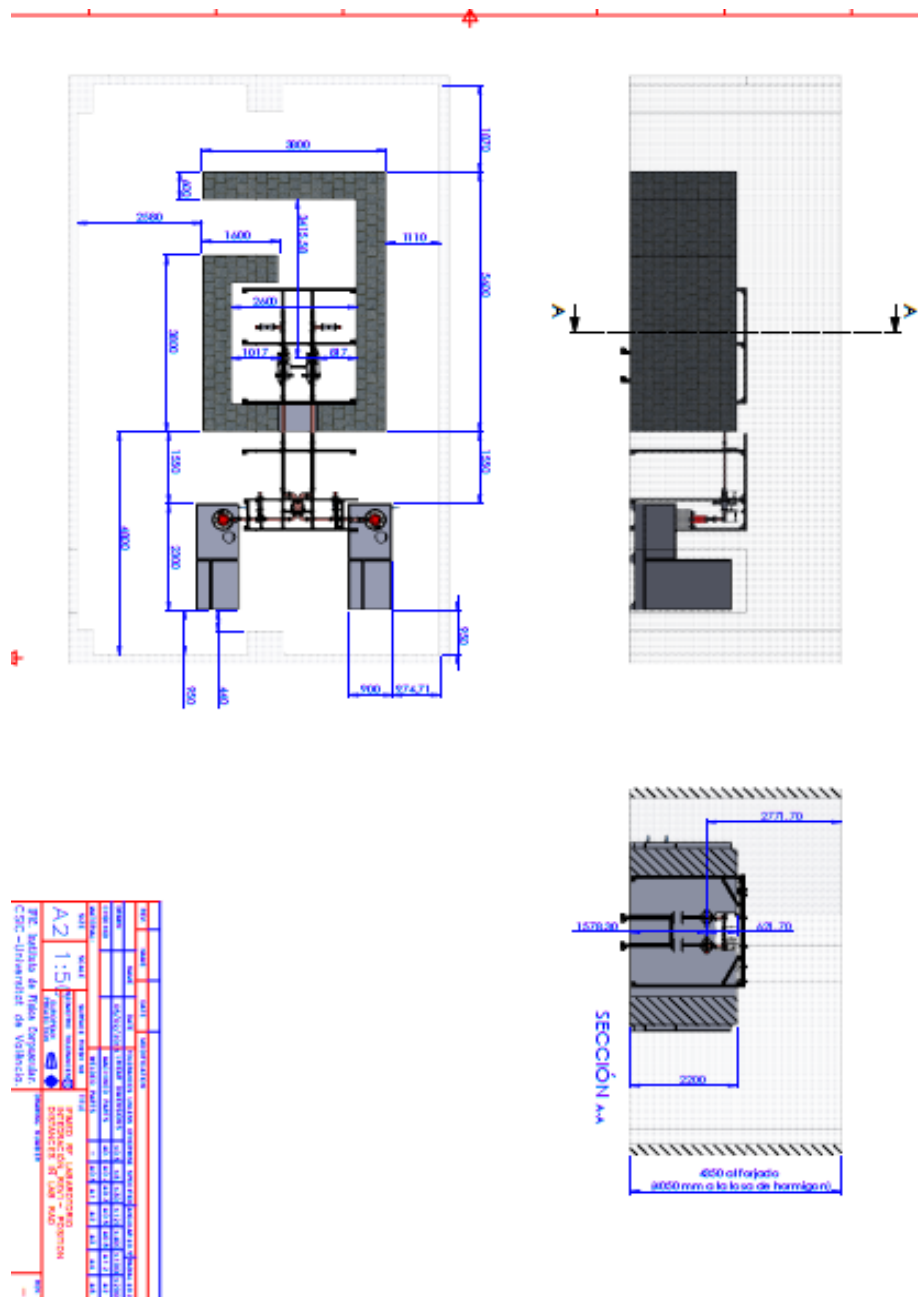
Ana San Matías Izquierdo

Servicio de Protección Radiológica. Universidad de Valencia.

ANEXO I. Plano de situación y acceso

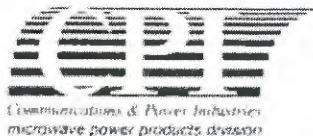


Planta baja del Edificio Servicios Científicos y Tecnológicos (Parque Científico de Paterna, C/
Catedrático Agustín Escardino Benlloch nº 9, 46980 Paterna)



Àrea de Protecció Radiològica
C/ Dr.Moliner, 50. 46100 Burjassot (València).Facultat de Física. Bloc C, 2ª pis. Tfno. 96 3543330

ANEXO II. Especificaciones del equipo



PULSED KLYSTRON AMPLIFIER
PRODUCT TYPE NO. VKS-8262G1
SERIAL NO. 005

TPSVKS8262G1

ECO: KG614647

Date: August 18, 2015

Rev: A

TEST PERFORMANCE SHEET

Sheet 1 of 2

This tube is tested to the requirements of the Product Specification for the VKS-8262G.

	Ef V	epy kvdc	Isol A	Pd W (Max)	Frequency (MHz)	tp (RF) μsec	Du (RF) trf × prr (Max)	tk minutes	po Mw (Min)
Test Condition 1:	NPV	NPV	NPV	100	2998.5	5.0	0.0020	15	7.5

Test	Symbol	Limits		Results	Units
		Min	Max		
1. Hydrostatic Pressure					
Collector @ 150 psig, 15 minutes	---	No Leaks		✓	✓OK
Window/Body @ 150 psig, 15 minutes	---	No Leaks		✓	✓OK
2. Pressure Drop:					
Collector Flow Rate @ 10 gpm (38 lpm)	ΔPcoll	---	60/413.7	27	Psi/kPa
Window/Body Flow Rate @ 1.5 gpm (5.7 lpm)	ΔPwin	---	60/413.7	50	Psi/kPa
3. Heater Voltage	Ef	---	8	7.5	Vac
4. Heater Current	If	20	33	30.1	Aac
5. Solenoid Current (NPV)	Isol	---	36	35.0	A
6. Power Output (1): TC1	po	7.5	---	7.64	Mw
Ef = NPV, tp (epy) = 8.0 μsec					
tp (rf) = 5.0 μsec, Du (RF) = 0.0020					
Beam Voltage at TC1 = NPV	epy	---	160	145.0	kv
Drive Power at TC1 = NPV	pd	---	100	90	w
Beam Current at TC1	ik	---	110	108.0	a

CAUTION:

- (1) All voltages are with respect to cathode. For safety, external package must be grounded.
- (2) If dc heater voltage is used on this tube, the heater must be negative with respect to the heater-cathode.

OUTLINE DRAWING NO.	PRODUCT SAFETY REVIEW
521366	098755

Visual and Mechanical Product Examination: Inspected By _____ Date _____

Tested By: Perry Smith Date: 12/04/15 CPI QA: _____ Date: DEC 11 2015



PULSED KLYSTRON AMPLIFIER
PRODUCT TYPE NO. VKS-8262G1
SERIAL NO. 005

TPSVKS8262G1
ECO: KG614647
Date: August 18, 2015
Rev: A

TEST PERFORMANCE SHEET

Sheet 2 of 2

Test Condition 1: Same as Sheet 1

Test	Symbol	Limits		Results	Units
		Min	Max		
7. Emission: TC1, Pd = 0		---	10	5.1	%
$\frac{i_{k1} - i_{k2}}{i_{k1}} \times 100 = \Delta i_k$					
ik1 = ik at Ef = NPV					
ik2 = ik at Ef = 90% of NPV					
8. X-radiation: TC1, pd = NPV					
Probe Distance = 4 in.	X-ray	---	1	0.8	μSy/hr
9. Vacuum (Nonoperating)					
Ion Pump Current @ t = 120 sec after 24-hour hold period	lip	---	1	0.1	μA

Tested in Magnet serial No. 36606 / CPI 677

Tested By: Randy Dault

Date: 12/04/15

CPI QA:



Date: DEC 11 2015



KLYSTRON TEST PROCEDURES — VKS-8262G1

Spec. No.: M17-380

ECO: KG614647 Rev. A

Date: August 18, 2015

Page 4 of 8

MANUFACTURING SPECIFICATION

MODEL NO.: G1

S/N: 005

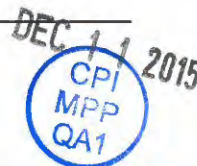
CURVE NO. 1

DATE: 10/12/15

START TIME: 0600

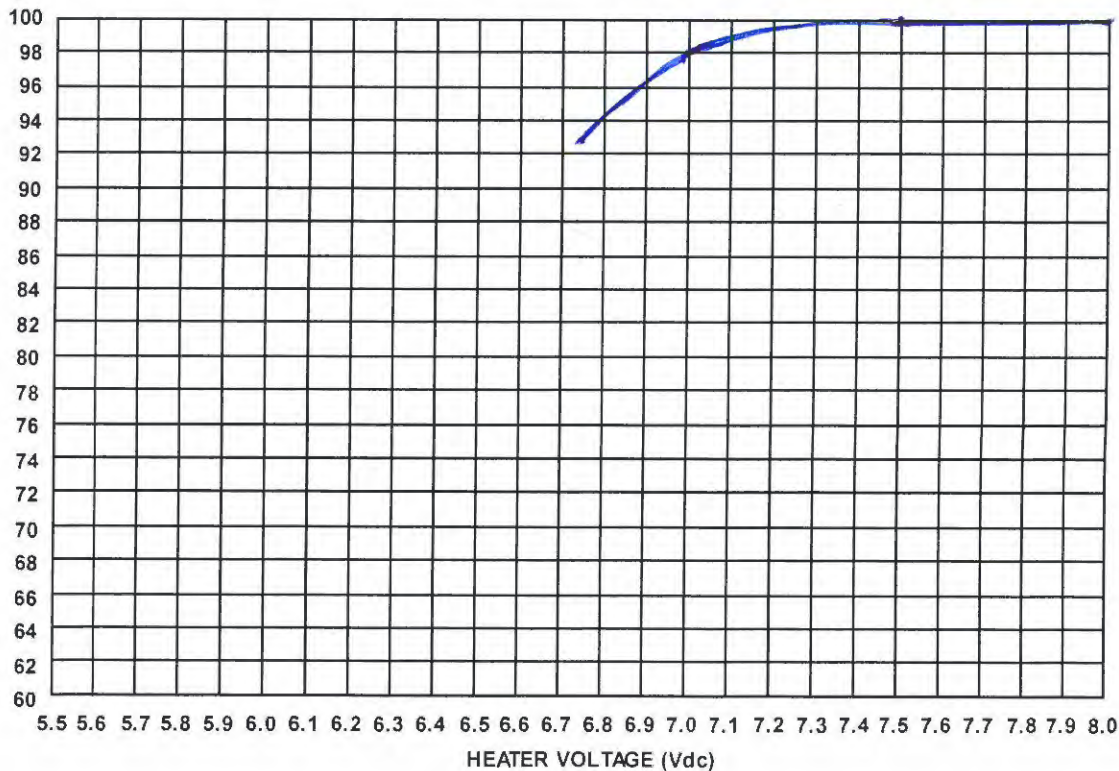
BY: P.H.

P_{out} = 400 W



E _f (V)	I _f (A)	i _k (a) @ 145 kv	%
8.00	31.6	100	100
7.50	30.4	100	100
7.00	28.8	98	98
6.75	27.4	92.8	92.8
6.50	26.9	N/A	N/A
6.25	N/A	↓	↓
6.00	↓	↓	↓
5.75	↓	↓	↓
5.50	↓	↓	↓

NORMALIZED
BEAM CURRENT
(%)



X-RAY SURVEY

Date: 12/7/15

Tube type: VKS-8262 G1

Tube SN: 005

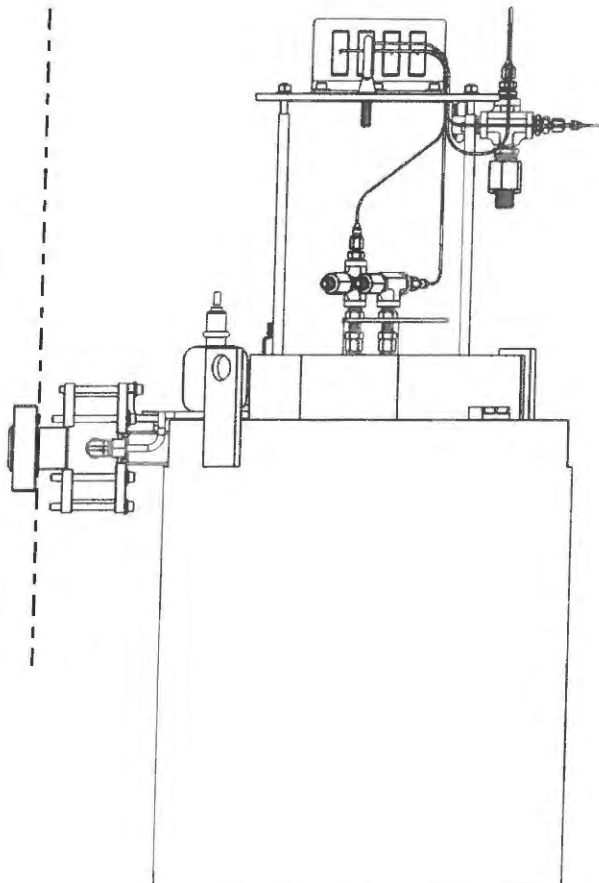
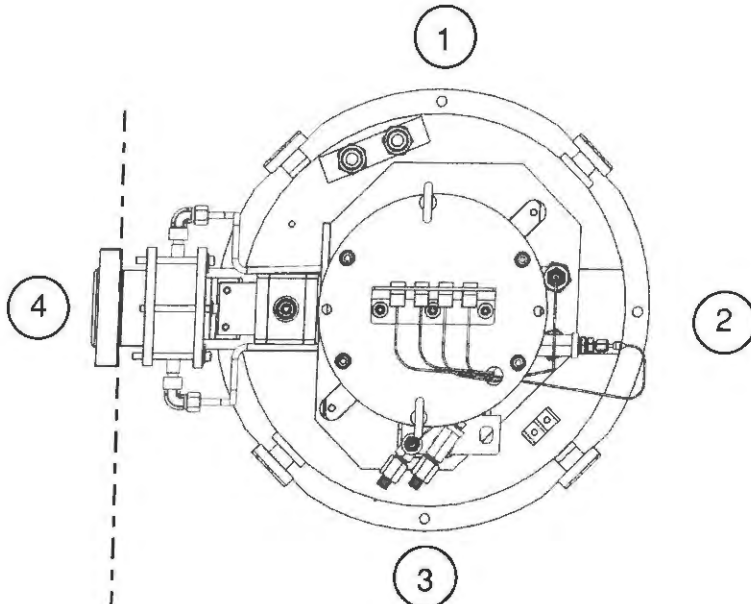
Solenoid SN: 677

Measurement to be taken 4 inches from surface of Klystron or Solenoid

For Safety Precautions an X-ray survey should be conducted in final configuration to ensure that no lead shielding has shifted during transportation (Ref. Product Specification VKS-8262G1 Note 11)

X-ray levels exceed 1 $\mu\text{Sv/hr}$ at 10 cm in a cone-shaped region at the klystron output flange whose axis is collinear with the output waveguide axis. A lead-lined waveguide piece, preferably an elbow, should be mounted at the output flange of the klystron to attenuate the radiation to required levels.

Customers responsibility to add require shielding beyond dashed line. Data collected while additional shielding beyond output flange was installed to collect accurate X-ray emission from Klystron and Solenoid



	A	B	C
1	0.2	0.2	0.8
2	0.7	0.2	0.4
3	0.08	0.04	0.8
4	0.25	0.1	0.8

Recorded Data in: $\mu\text{Sv/h}$

Collected Temperature Data

Date 12/7/15

Klystron Type VKS 8262G1

Klystron S/N 005

Operating Condition	RF Output Power Peak/Average (Mw/kw)	Collector water Flow (GPM)	Collector Delta Temperature (°C)	Body water Flow (GPM)	Body Delta Temperature (°C)
DC only Condition	NA	11.83	13.45	2.6	0.6
Full RF Operation	7.64/15.3	11.82	8.25	2.6	1.6