

La tecnología de irradiación

1. LA IRRADIACIÓN

¿Qué es la irradiación?

- Es el proceso mediante el cual se expone deliberadamente un producto en forma controlada un material a la acción de un campo de radiación

Un alimento expuesto a radiación ionizante



La irradiación es:

- ▶ Proceso físico comparable con la pasteurización, enlatado o congelación de alimentos
- ▶ Proceso en frío que no deja residuos químicos
- ▶ Consiste en la aplicación de una cantidad de energía, exactamente controlada, durante un tiempo determinado.
- ▶ La aplicación debe ser suficiente para desbacterizar o esterilizar, sin afectar el estado físico o frescura (en el caso de alimentos)

1. LA IRRADIACION

Este proceso se utiliza para obtener cambios físicos, químicos o biológicos en un producto objetivo.

Las fuentes de energía para el proceso son:

- ✓ Radiación Gamma del Cobalt-60
- ✓ Haces de Electrones generados en máquinas fuente que aceleran electrones a altos niveles de energía (5-10 MeV)
- ✓ Máquinas generadoras de rayos-X de energías menores a 5 MeV (no son de uso común)

COMPARACIÓN FUENTES DE RADIACIÓN GAMMA Y EL ACELERADOR DE HAZ DE ELECTRONES

Propiedad	Rad. gamma	Haz de electrones
Energía	Fija	Variable 0.05-10 MeV
Razón de Dosis	Baja (<1 kGy/h)	Alta (1 kGy/sec)
Penetración	Grande	Pequeña
Emisión de rad.	Isotrópica	Unidireccional
Operación	Continua	Switch ON/OFF
Eficiencia del campo	Baja	Alta
Control	Simple	Complejo
Confiabilidad	Muy alta	Alta

2. PROCESO DE IRRADIACIÓN GAMMA

- Proceso simple y seguro
- Consiste en exponer productos a rayos gamma, que pueden ser emitidos por una fuente radiactiva
- Las fuentes más usadas son de Cobalto-60 o de Cesio-137
- El tiempo de exposición se predetermina para que la **dosis prescrita** sea absorbida por dicho producto.



COMPARACIÓN ENTRE LAS FUENTES DE ^{60}Co Y ^{137}Cs

Propiedad	^{60}Co	^{137}Cs
Radiación	gamma	gamma
Energía	1.17, 1.33 MeV	0.66 MeV
Estado	Metal	CsCl
Vida Media	5.26 años	29.99 años
Actividad Esp.	40-700 Ci/gr	20-25 Ci/gr
Actividad/kW	67 kCi	300 kCi

La dosis dependerá del propósito final que desea lograrse con el tratamiento, y por lo tanto puede variar ampliamente

Este es un proceso físico





TERMINOLOGÍA Y UNIDADES

	Dosis absorbida	Radiactividad
Unidad	Gray (Gy)	Becquerel (Bq)
Definición	1 Gy = 1 J/kg	1 Bq = 1 desintegración/seg
Unidad anterior	rad	Curie (Ci)
Conversión	1 rad = 0.01 Gy; 1 krad = 10 Gy 1 Mrad = 10 Gy	1 Ci = 3.7×10^{10} Bq = 37 GBq 1 kCi = 37 TBq 1 MCi = 37 PBq

3. ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA EN EL MUNDO

3.1 ANTECEDENTES

Los procesos de irradiación con enfoque comercial se inician al principio de la década de los años 50 :

- ✓ Sus primeras aplicaciones fueron a la esterilización de dispositivos médicos
- ✓ Una vez establecida la tecnología los tecnólogos y científicos desviaron su atención a otras aplicaciones para beneficio de la sociedad

- ✓ Sus esfuerzos fructificaron en otras áreas y aplicaciones tales como:
 - * Des-infestación de cereales y leguminosas.
 - * Des-contaminación de especias y condimentos, productos del mar, carne y sus derivados.
 - * Retardación de la maduración de frutas.
 - * Extensión de la vida de anaquel de vegetales /flores.
 - * Modificación de polímeros.
 - * Higienización de lodos de drenajes etc.



A CASI 60 AÑOS DE LOS PROCESOS DE RADIACIÓN, LAS APLICACIONES ACTUALES SE ENFOCAN EN:

- ❑ Esterilización de productos médicos
- ❑ Irradiación de alimentos
- ❑ Entrecruzamiento de polímeros (crosslinking, curing)
- ❑ Injertos de polímeros (Graft polymerization)
- ❑ Gestión de desechos
- ❑ Cloración de materiales orgánicos
- ❑ Síntesis de amoníaco, hidracina y ácido nítrico
- ❑ Refinación de petróleo
- ❑ Activación catalítica
- ❑ Degradación de celulosa

TECNOLOGÍA DE IRRADIACIÓN INDUSTRIAL

- ▶ Aplicaciones para el cuidado de la salud
- ▶ Procesamiento de polímeros
- ▶ Irradiación de alimentos
- ▶ Aplicaciones ambientales

3.2 SITUACIÓN ACTUAL

~~Uso de productos químicos:~~

- ~~• precursores cancerígenos~~
- ~~• impacto ambiental.~~

- Hay más de 1400 aceleradores.
- Producen electrones o rayos X.

- ▶ Se estima que existen más de 200 irradiadores gamma en operación en mas de 55 países.
- ▶ Esterilización, *Cross-linking*, sanitización, control de plagas.

Situación mundial de las instalaciones de irradiación

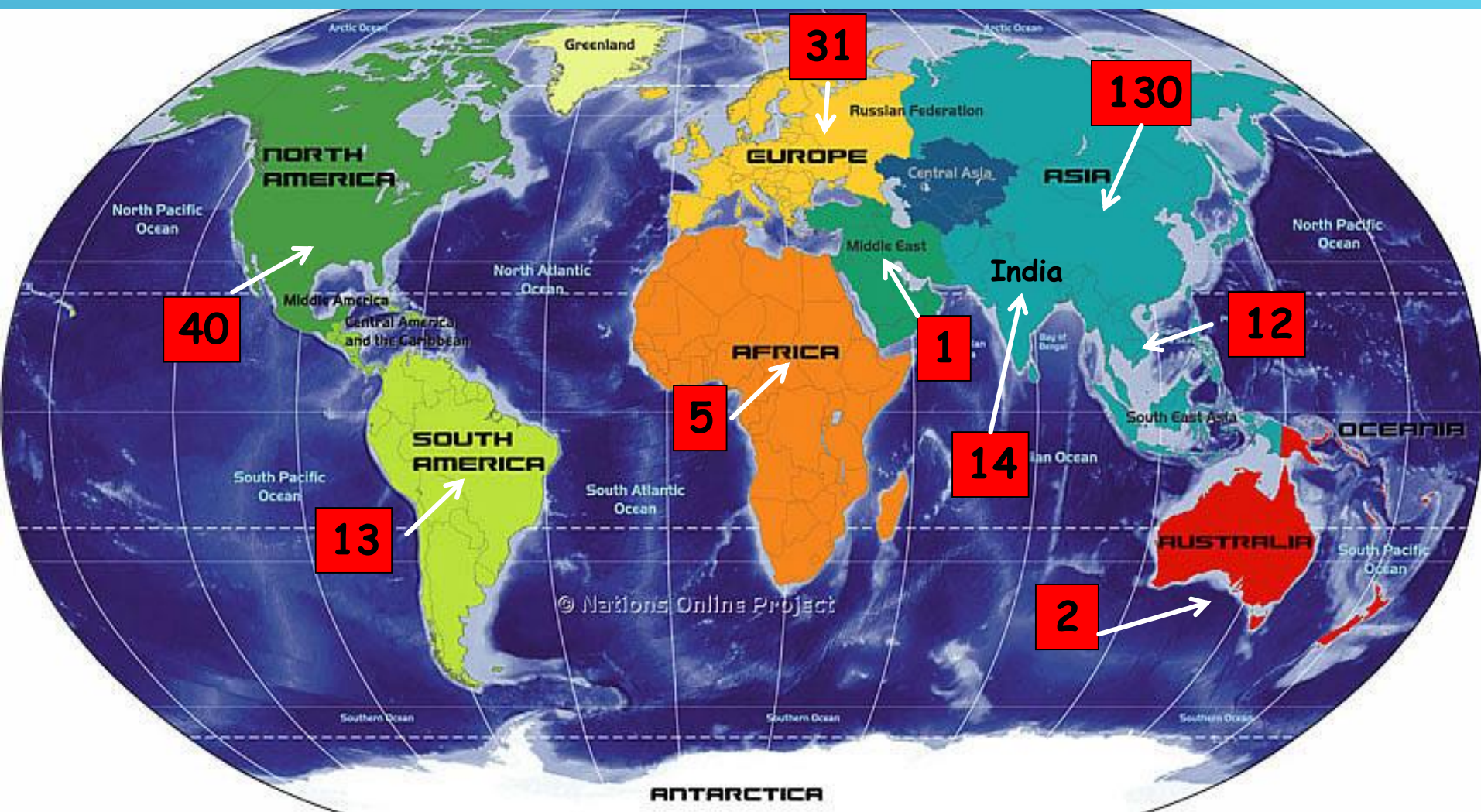
La mejor estimación es:

- ❖ Mas de 240 instalaciones de irradiación gamma en operación
- ❖ Antes de los 80' s, instalaciones hasta de 1MCi de capacidad
- ❖ Después de los 80' s, instalaciones hasta de 3MCi de capacidad
- ❖ A fines de los 90s, las capacidades llegan hasta los 6MCi
- ❖ Aceleradores de electrones ~ 1400, con energías desde 300 kev a 10Mev y potencias de 10kw a 1mw

UBICACIÓN APROXIMADA DE INSTALACIONES DE IRRADIACIÓN GAMMA EN MAS DE 55 PAÍSES



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

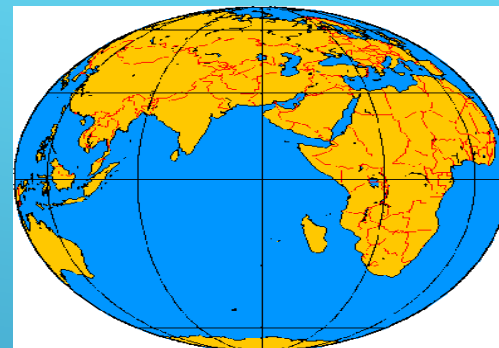


Cortesía de MICROTROL, India



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

La globalidad no sólo se percibe: se vive.



Acciones Mundiales son necesarias para mejorar la Salud, Asegurar la Alimentación y proteger el Medio Ambiente: OIEA

- El intercambio comercial se incrementa.
- Las barreras entre países parecen no existir.

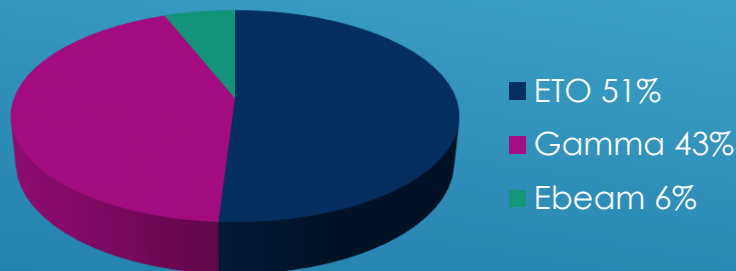
El consumidor demanda alimentos sanos y nutritivos.

Situación de Esterilización

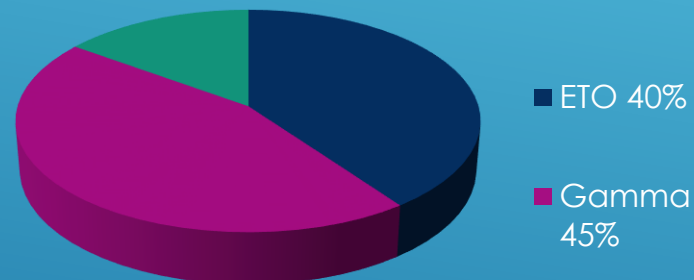
(Fuente NORDION, IIA 2013)

Métodos actuales : ETO, vapor a alta presión,
rayos gamma o EBeam,

Esterilización 2005

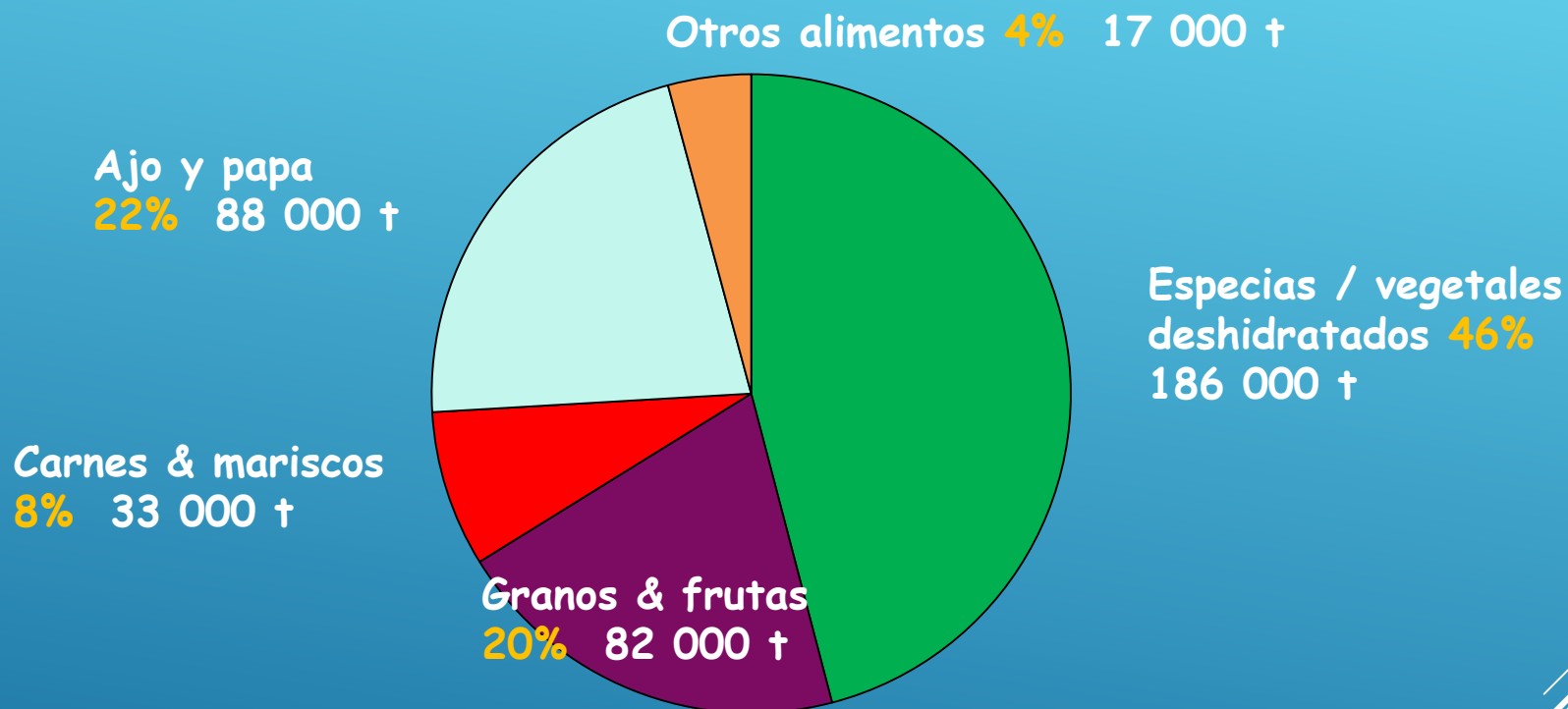


Pronostico a 2020



La mayoría de las instalaciones de rayos gamma se utilizan para la esterilización de productos médicos y las de Ebeam para el cross-linking de polímeros (en china solo el 5% (10) de los 200 Ebeam se usan para esterilización de productos médicos)

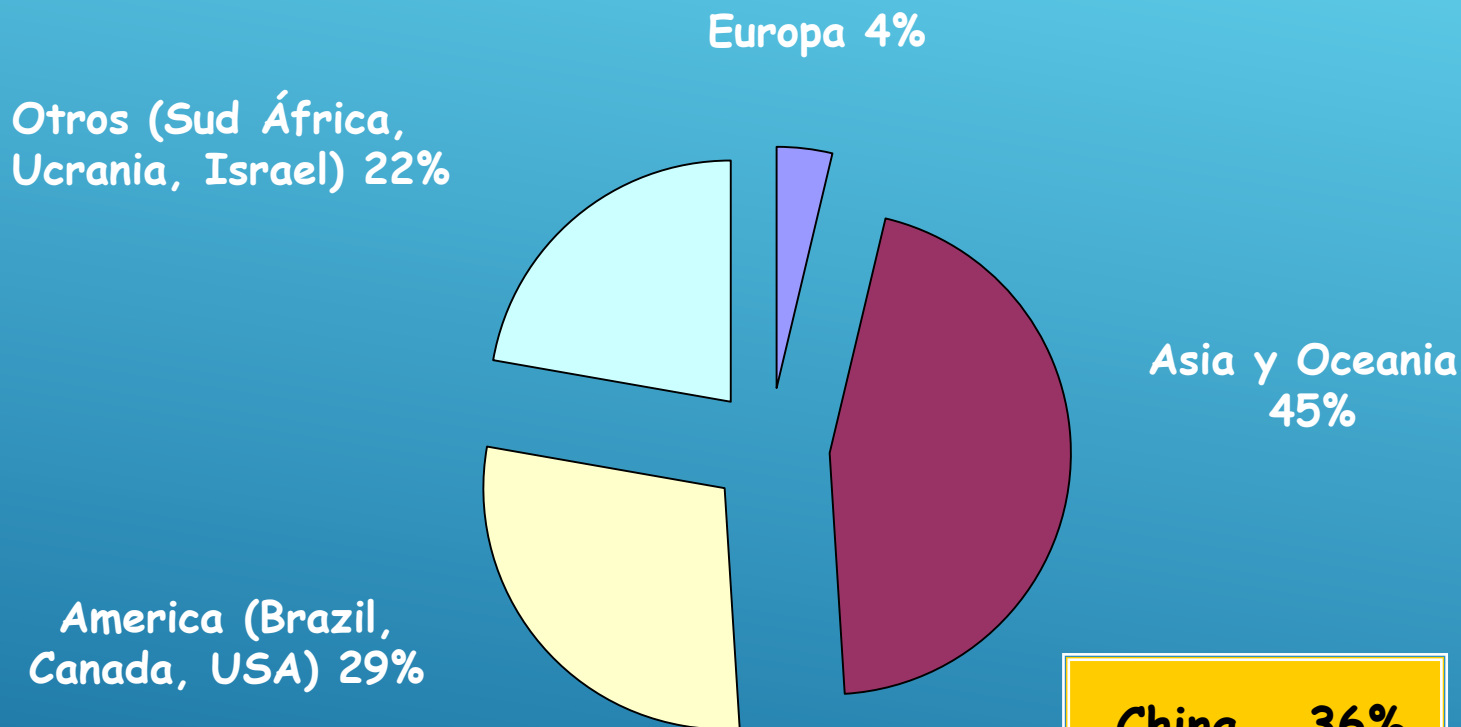
Irradiación de alimentos, cantidades



**405 000 toneladas
irradiadas en 2005**

Status of food irradiation in the world
T.Kume, M.Furuta, S.Todoriki, N. Uenoyama, Y.
Kobayashi. JAEA. Radiation Physics and Chemistry 78
(2009) 222.

Porcentaje (en peso) de alimentos procesados en 2005



China 36%
USA 23%
Ucrania 6%
Brazil 6%

17%

3.3 MERCADOS CAMBIANTES Y RETOS

- ✓ La competencia fuerte en esterilización es el ETO (Oxido de etileno) ya que ofrece un precio más bajo. Se deben reducir los precios
- ✓ Diseños flexibles (multipropósito) para procesar productos de diferentes densidades, empaques y volúmenes, en particular en los países en desarrollo . Los mercados están creciendo rápidamente
- ✓ Reducción de costos de producción- tiempos de paro y arranque; esto significa programar corridas de producción largas (productos homogéneos), establecer intervalos estándar de dosis.

4. Tipos de plantas de irradiación industrial

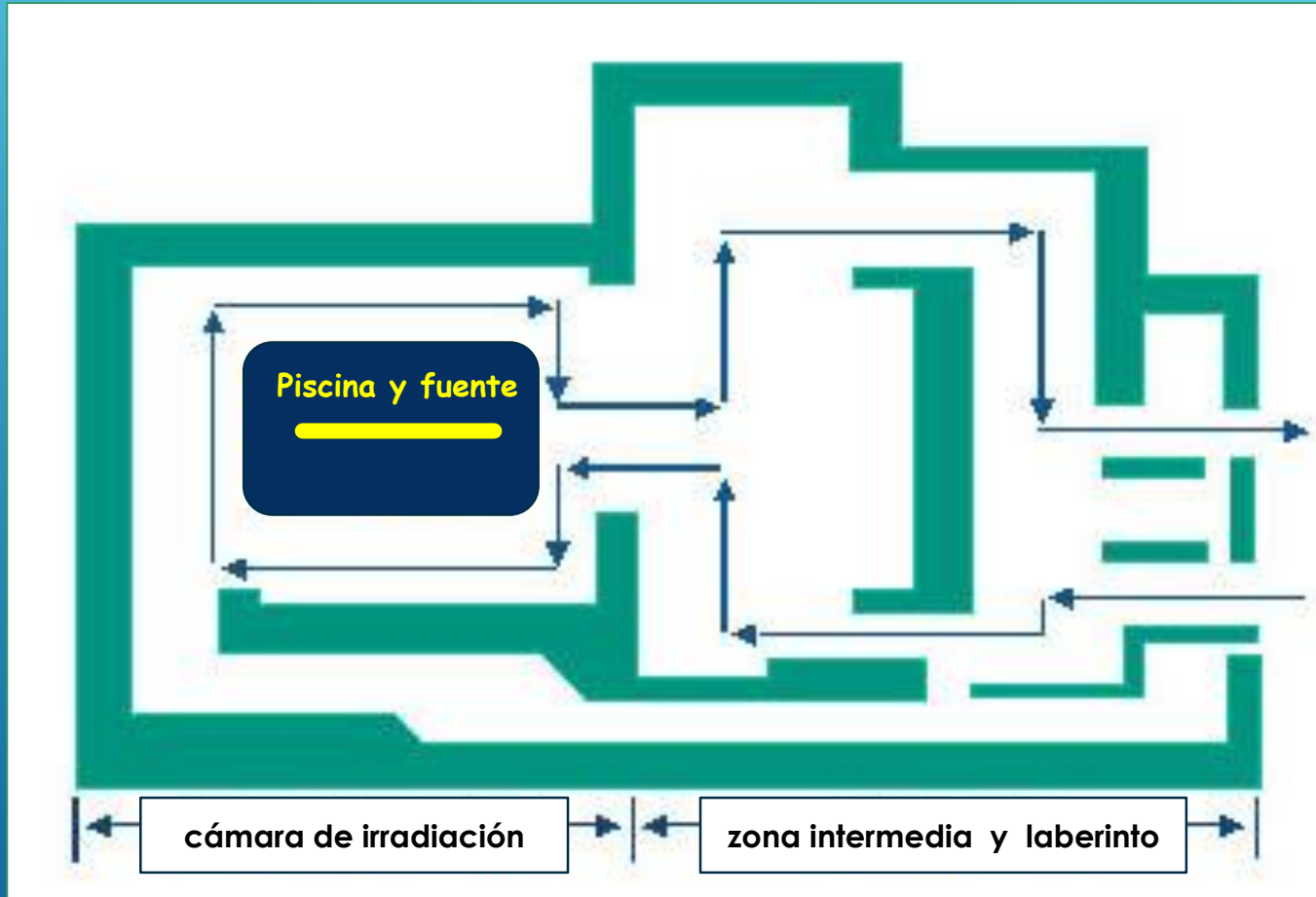
Aspectos básicos para la selección de un irradiador industrial

1. Fuentes
2. Configuraciones Producto-Fuente
3. Criterios de selección del diseño de un irradiador
4. Tipos de irradiadores gamma
5. Componentes de una planta de irradiación
6. Control del proceso de irradiación
7. La planta de irradiación gamma del ININ

3.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UN IRRADIADOR INDUSTRIAL

- ▶ Fuentes de radiación
- ▶ Cámara (cuarto) de irradiación
- ▶ Escudo biológico (blindaje) del cuarto de irradiación
- ▶ Sistema de seguridad radiológica
- ▶ Cuarto de control
- ▶ Sistema de manejo de materiales (transporte de productos hacia y desde el cuarto de irradiación)
- ▶ Áreas de carga y descarga de productos
- ▶ Equipos auxiliares.
- ▶ Sistemas de tecnología de la información

ESQUEMA BÁSICO DE LA INSTALACIÓN DE IRRADIACIÓN



Descarga
Producto

■ ■ ■ ■ ■ ■
Carga
Producto

FUENTES DE RADIACIÓN IONIZANTE UTILIZADAS EN LA IRRADIACIÓN INDUSTRIAL

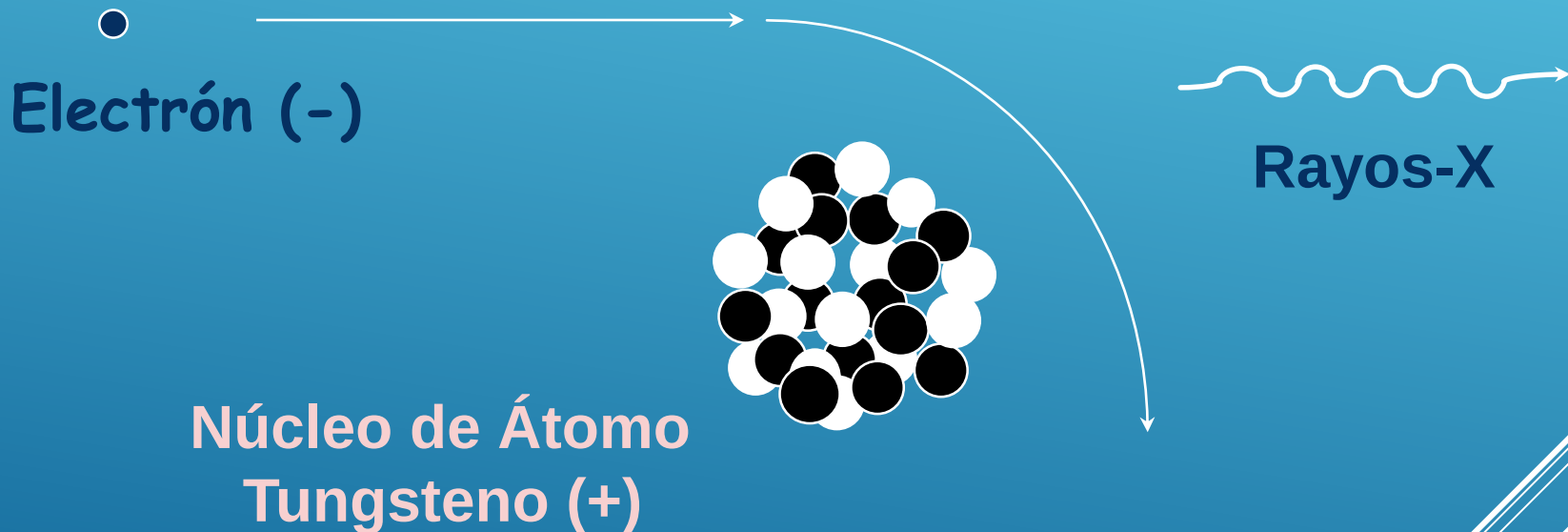
- ▶ Radiación gamma proveniente de radioisótopos Cobalto 60 y Cesio 137
- ▶ Haces de electrones (aceleradores), energía máxima 10 Mev
- ▶ Rayos X (aceleradores de electrones + convertidor e-rayos X, metálico), energía máxima 7.5 Mev

CARACTERÍSTICA DE LA RADIACIÓN

- ❑ La característica básica de la radiación es, que para producir la ionización requiere de una cantidad determinada de energía
- ❑ La energía debe estar concentrada en espacios muy pequeños para poder transmitirse a los electrones atómicos
- ❑ Los rayos X y los rayos gamma son ondas como la luz, que viajan sin transportar materia.

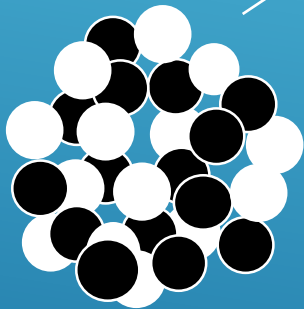
Ambos tipos de rayos son idénticos, pero los Rayos X son producidos por movimientos de los electrones en las órbitas del átomo, y los Rayos Gamma son producidos en el núcleo del átomo.

PRODUCCIÓN DE RAYOS - X (BREMSSTRAHLUNG)

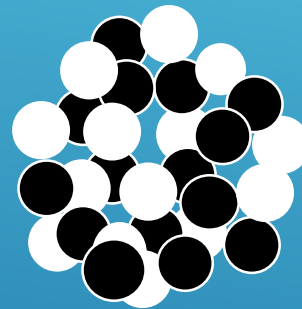


EMISIÓN DE RAYOS GAMMA

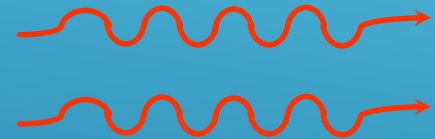
● Partícula Beta (-)



Núcleo Madre
inestable de
Cobalto-60
Z=27



Núcleo Hija
Níquel-60
Z=28

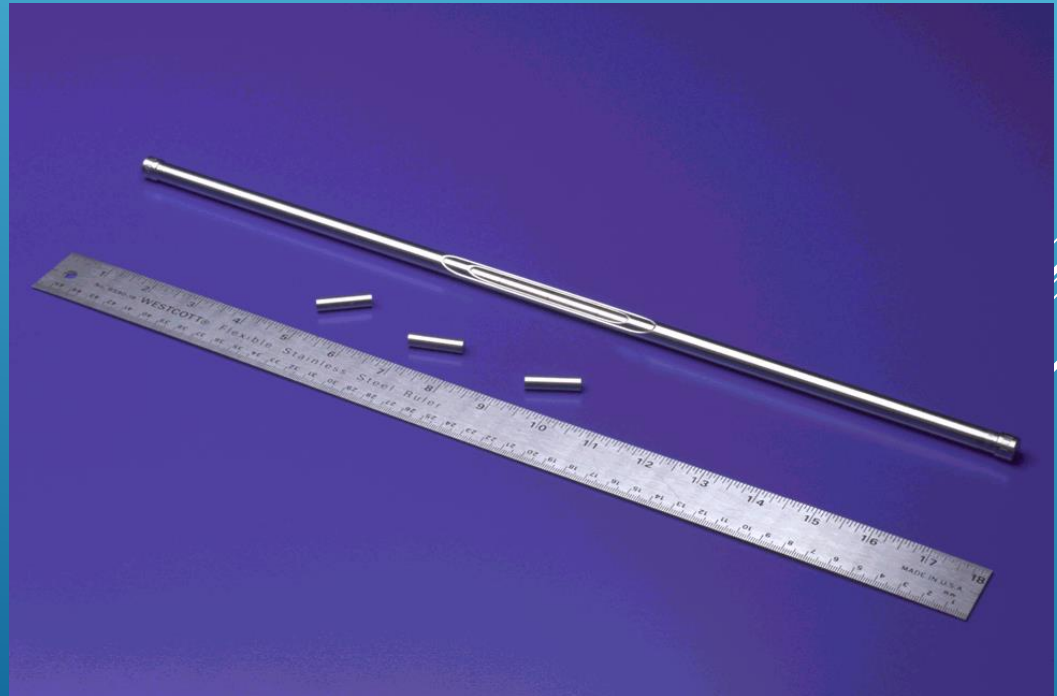
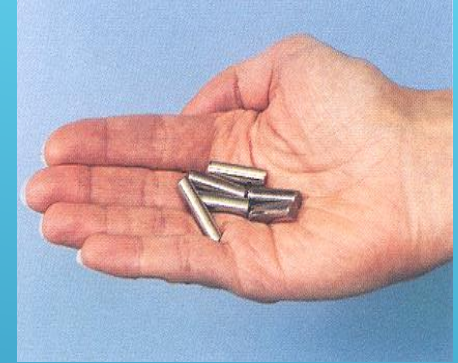


Rayos Gamma

¿CÓMO SE PRODUCE EL COBALTO-60?

Preparación:

- ▶ Se forma polvo de cobalto-59, 99.9% puro en forma de perdigones & cilindros recubiertos de níquel
- ▶ Los cilindros o perdigones se ensamblan en lápices (barras fuente) y se colocan en haces
- ▶ Los haces de cobalto-59 se ensamblan en barras de ajuste del reactor

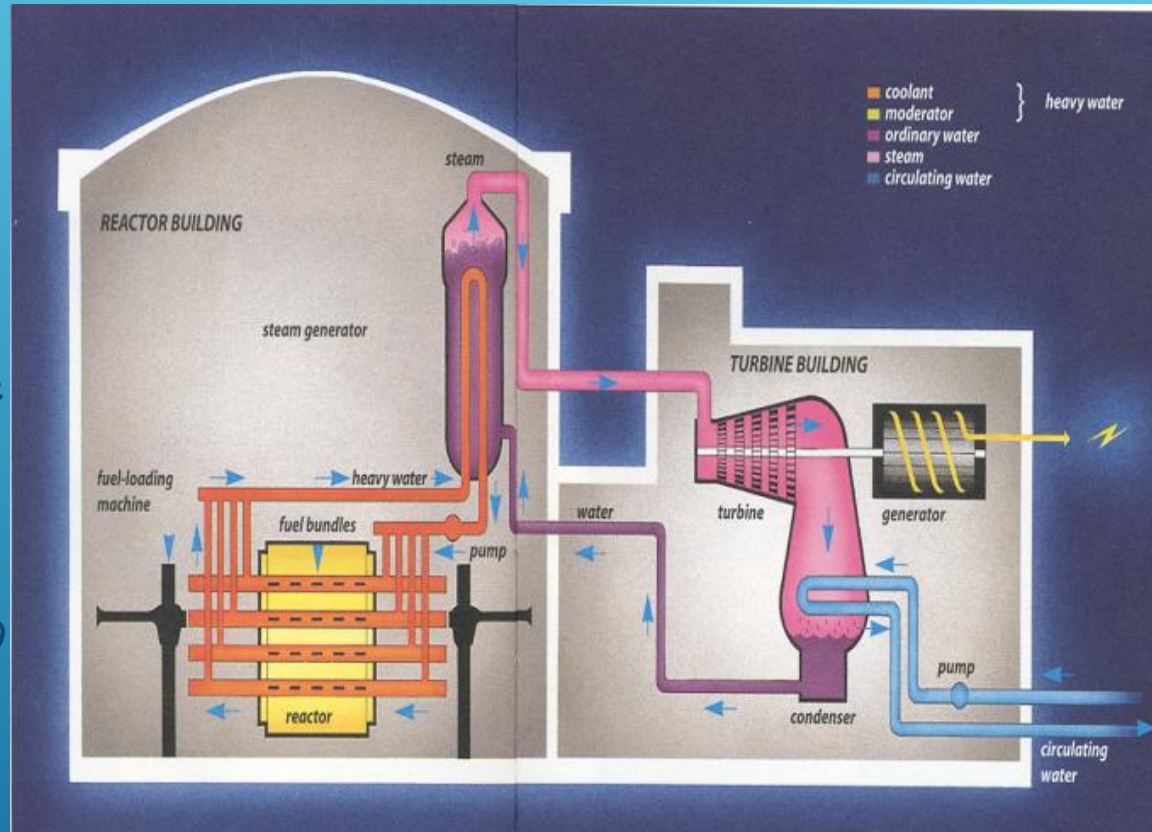


REACTORES CANDU



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

- ▶ Los reactores CANDU producen cobalto-60
 - ▶ Las barras de ajuste de acero inoxidable son reemplazadas con las barras de ajuste de cobalto-59
- ▶ Las barras de cobalto-59 tienen el mismo efecto que las barras de acero inoxidable en el reactor
- ▶ Por medio de la absorción de neutrones el cobalto-59 es convertido en cobalto-60
- ▶ Productor: NORDION INC



REACTORES PHWR DE INTERÉS:

1) CANDU

EN LA ACTUALIDAD HAY 29 REACTORES CANDU EN OPERACIÓN EN EL MUNDO, Y 13 " TIPO CANDU" EN LA INDIA. ESTOS SE ENCUENTRAN EN:

CANADÁ: 18 (+3 MEJORÁNDOSE, +5 DADOS DE BAJA)

COREA DEL SUR: 4

CHINA: 2

INDIA: 2

ARGENTINA: 1 (+1 EN CONSTRUCCIÓN)

RUMANÍA: 2 (+3 EN CONSTRUCCIÓN)

PAKISTÁN: 1

2) NO CANDU

ARGENTINA : 1 (ATUCHA)

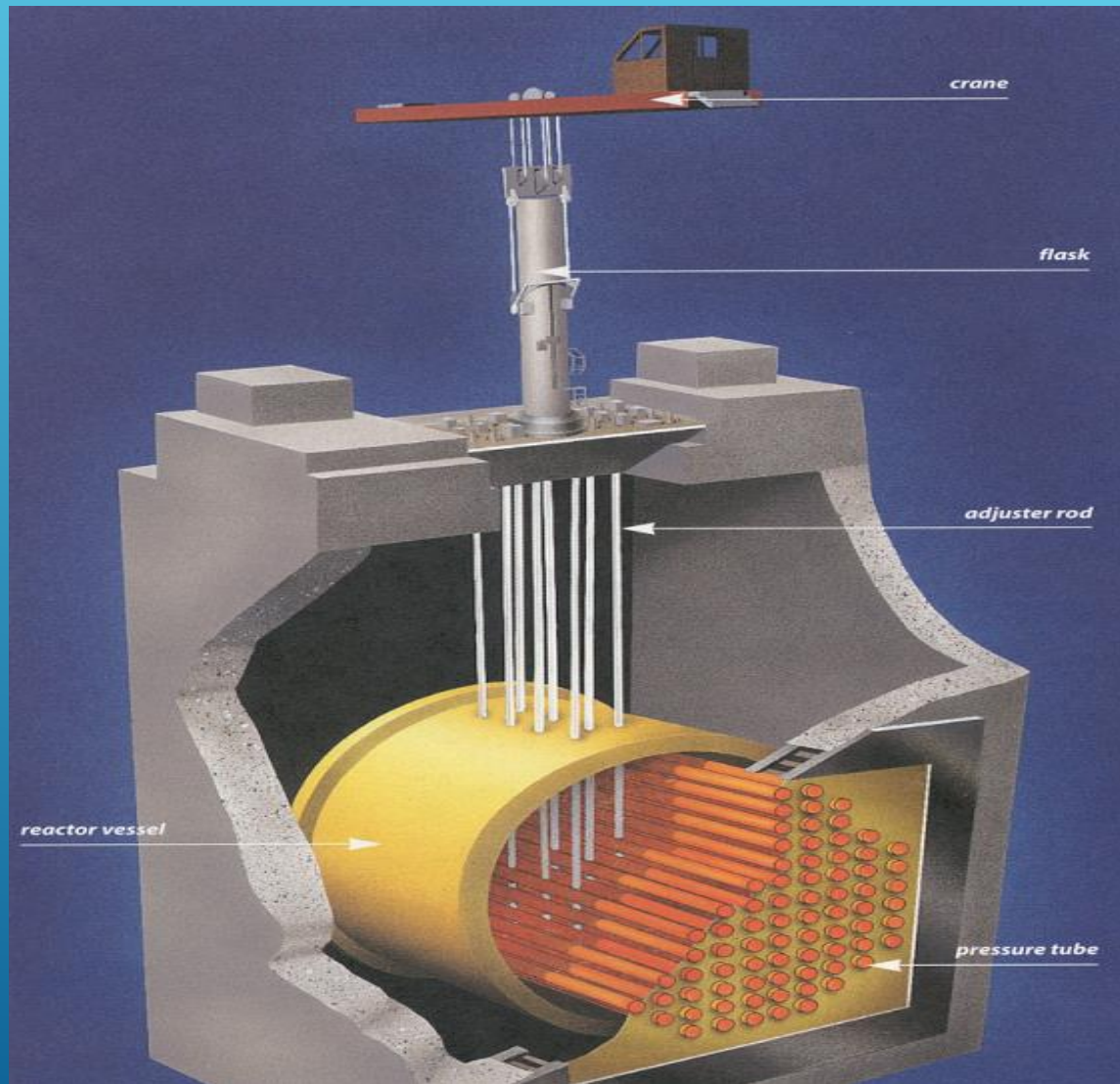
INDIA: 13 "TIPO CANDU" (+3 "TIPO CANDU" EN CONSTRUCCIÓN)

RUSIA: 1 (LENINGRAD 1)

NÚCLEO DEL REACTOR PHWR, CANDU



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace



TRANSPORTE DE FUENTES DE COBALTO-60

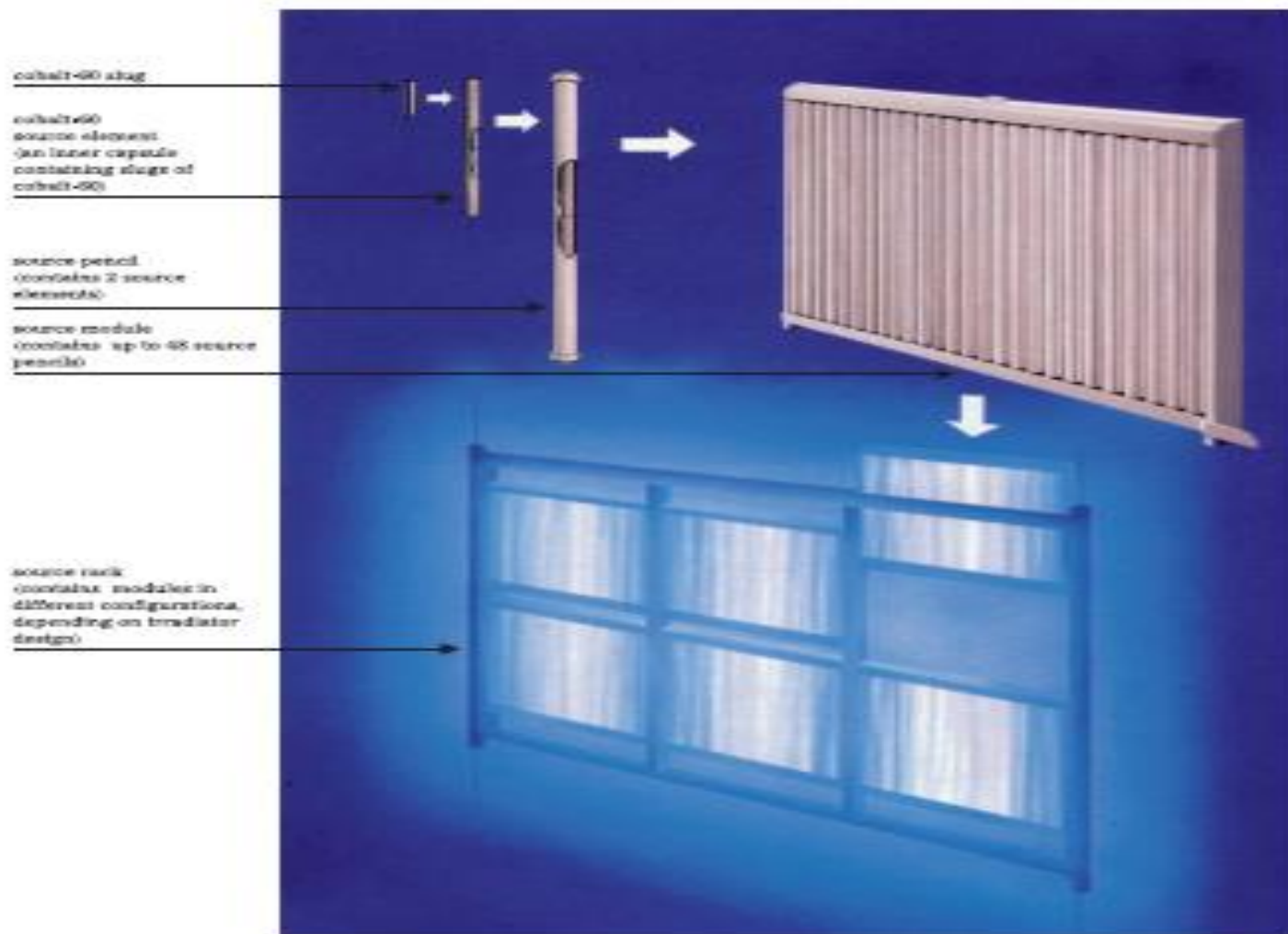


- ▶ La transportación ya es rutinaria para el cobalto-60 de manera segura alrededor del mundo
- ▶ Se requieren contenedores especialmente diseñados y fabricados para transportar el cobalto-60
- ▶ Los contenedores son sometidos a estrictas pruebas de seguridad para satisfacer los estándares de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y todos los requerimientos locales

Instalación de las fuentes de cobalto 60 C-188



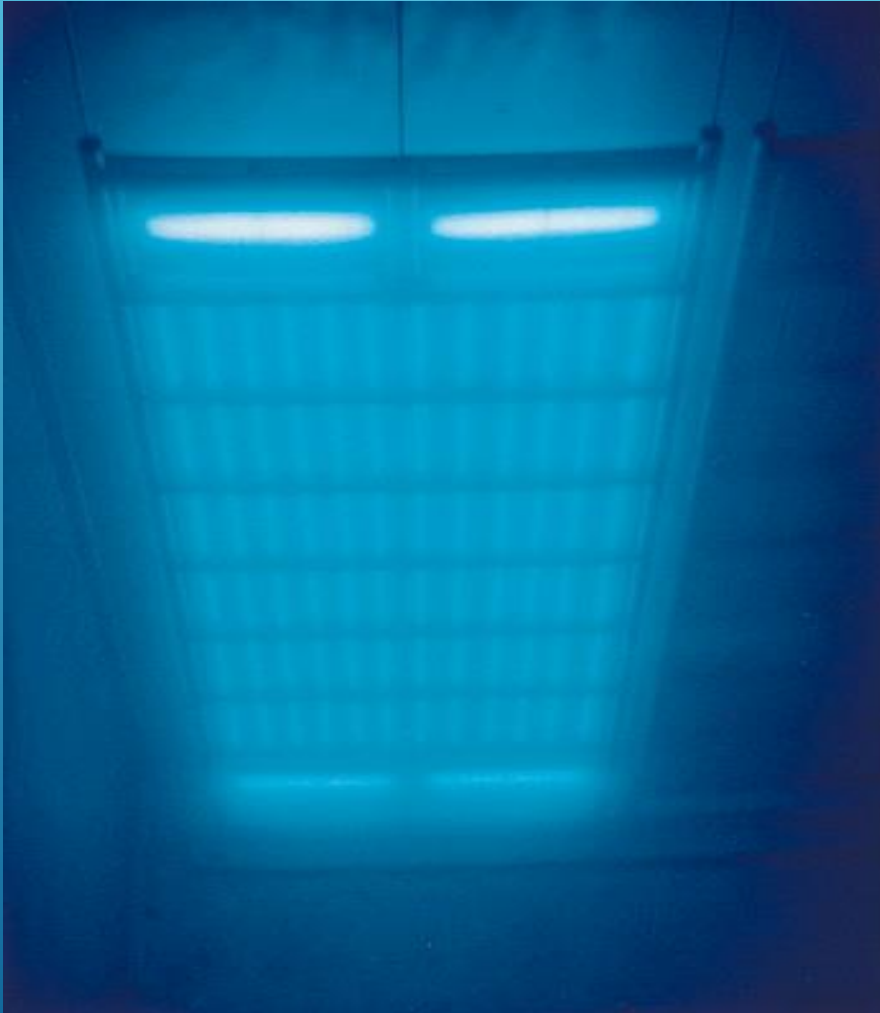
IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace





IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

RACK DE FUENTES DE COBALTO-60



- Después de su vida útil, las fuentes son devueltas al fabricante.

4.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL DISEÑO DE UN IRRADIADOR



PARA LA SELECCIÓN DEL DISEÑO DE UN IRRADIADOR SE CONSIDERA

- ▶ Características del producto a tratar (tamaño, densidad, a granel o empacado)
- ▶ Volúmenes ó toneladas a procesar, para estimar la capacidad del proceso Kg/h ó metros cúbicos/h
- ▶ Uniformidad de dosis tolerada por los productos
- ▶ Inversión y estimación del mercado
- ▶ Flexibilidad del proceso .
- ▶ Ubicación de la planta (impacto en la población y facilidad de acceso a los clientes)
- ▶ Sistemas de seguridad física y radiológica
- ▶ Conformidad con normas y regulaciones aplicables en cada país.

EN TODO IRRADIADOR SE BUSCA:

- ▶ Operar fácil y en condiciones seguras
- ▶ Que el tiempo de ciclo y la actividad presente sean las únicas variables del proceso
- ▶ Que el tiempo operativo planificado sea aproximadamente de 8000 horas al año
- ▶ Que los tiempos planeados para seguridad radiológica y mantenimiento se respeten sin discusión.
- ▶ Tener excelentes registros de seguridad para mantener la licencia de operación



SUS SISTEMAS DE SEGURIDAD DEBEN CONTAR CON:

- ▶ Seguros (candados) internos que protegen a los trabajadores
- ▶ Blindaje que absorbe los rayos gamma
- ▶ Instalación a prueba de terremotos e inundaciones
- ▶ Procedimientos de operación e inspección
- ▶ Operación bajo monitoreo continuo y licenciada

CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA TRATAMIENTOS TÍPICOS

Irradiación a dosis bajas Hasta 1 kGy

Inhibición de brotes; retardo de la maduración;
desinfestación de insectos;
inactivación de parásitos

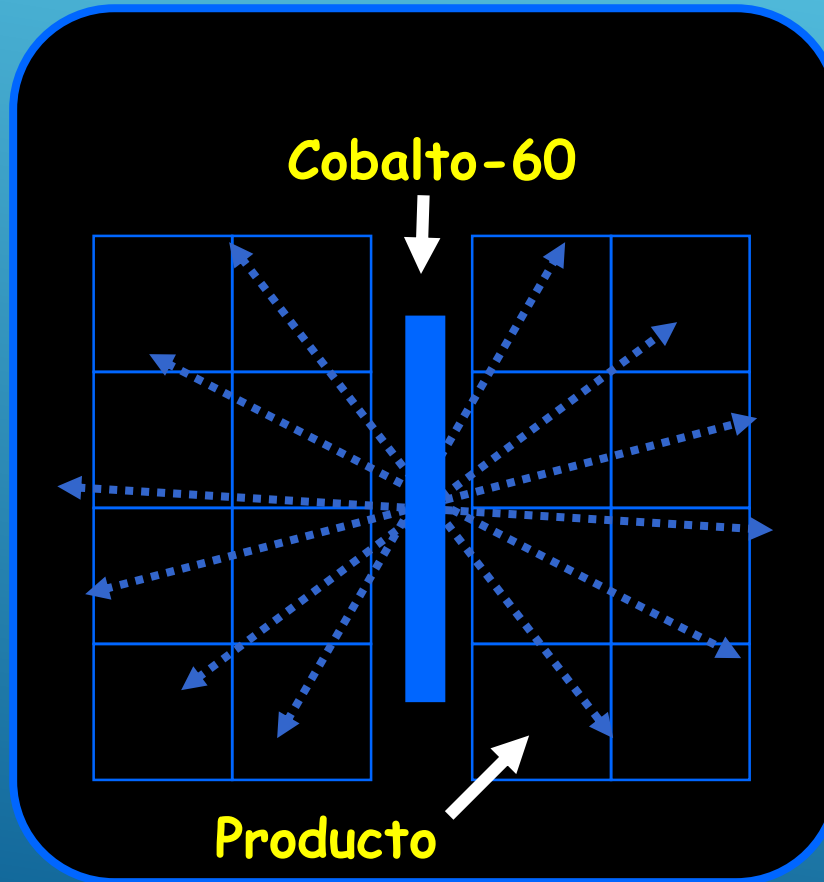
Irradiación a dosis medias 1 a 10 kGy

Reducción del número de microorganismos que deterioran los alimentos;
reducción del número o eliminación de patógenos "no formadores" de esporas.

Irradiación a dosis altas Arriba de 10 kGy Esterilización

- Orientación a la necesidad a satisfacer: rentabilidad y retorno de la inversión.
- Identificar factores clave: áreas de oportunidad, señales del mercado.

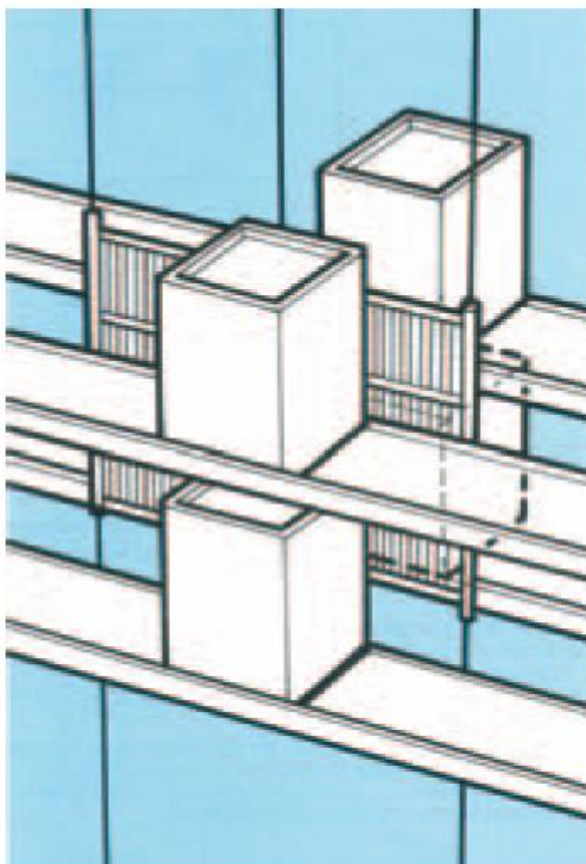
4.3 CONFIGURACIONES FUENTE-PRODUCTO



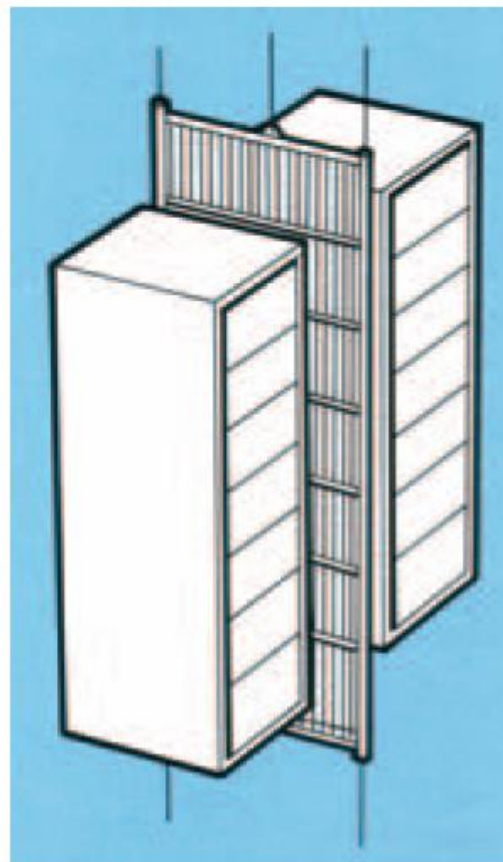
Irradiador de Cobalto-60

- El producto es colocado en todas las posiciones alrededor de la fuente
- Se puede emplear una variedad de diseños de transporte del producto

CONFIGURACIONES BÁSICAS DE CONJUNTOS FUENTE-PRODUCTO EN IRRADIADORES GAMMA



Product overlap



Source overlap

► Configuraciones fuente-producto:

- Fuente más alta que el producto (overlapping source); menor eficiencia, uniformidad aceptable, transportador sencillo.
- Fuente menos alta que el producto (overlapping product); mayor eficiencia y uniformidad buena, transportador complejo.

► Distribución no uniforme de la radiación en productos:

- ❖ Geometría fuente-producto.
- ❖ Características del producto.
- ❖ Eficiencia del proceso de irradiación (mayor para equipos de un solo propósito, mejor para múltiples pasos).
- ❖ Uniformidad de dosis en producto.

► Emisión isotrópica de radiación gamma.

4.4 TIPOS DE IRRADIADORES

EXISTEN DIFERENTES TIPOS DE IRRADIADORES, LOS CUALES SE CLASIFICAN EN CATEGORÍAS, A SABER:



CATEGORÍA I. - AUTOBLINDADO, IRRADIADOR
CUYA FUENTE SE ENCUENTRA SE ALMACENA EN
RECINTO SECO

CATEGORÍA II. - PANORÁMICO, IRRADIADOR
CUYA FUENTE SE ALMACENA EN RECINTO SECO

CATEGORÍA III. AUTOBLINDADO, CUYA FUENTE
SE ALMACENA EN PISCINA DE AGUA

CATEGORÍA IV. - PANORÁMICO, IRRADIADOR
CUYA FUENTE SE ALMACENA EN PISCINA DE
AGUA



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

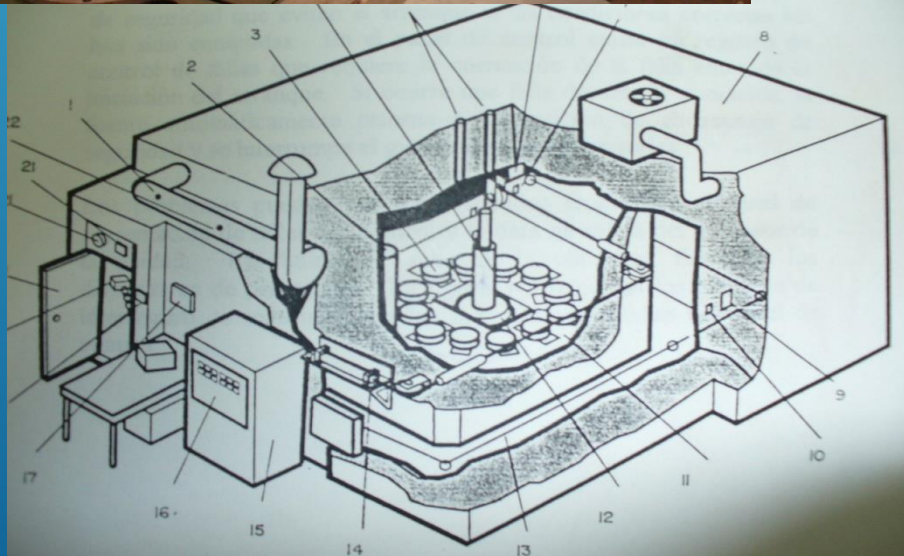
CATEGORÍA I.- IRRADIADORES AUTOBLINDADOS JLSHEPHERD & ASSOCIATES MODELO 109-68 S.N



CATEGORÍA II. IRRADIADOR GAMMABEAN IPEN (PERÚ)



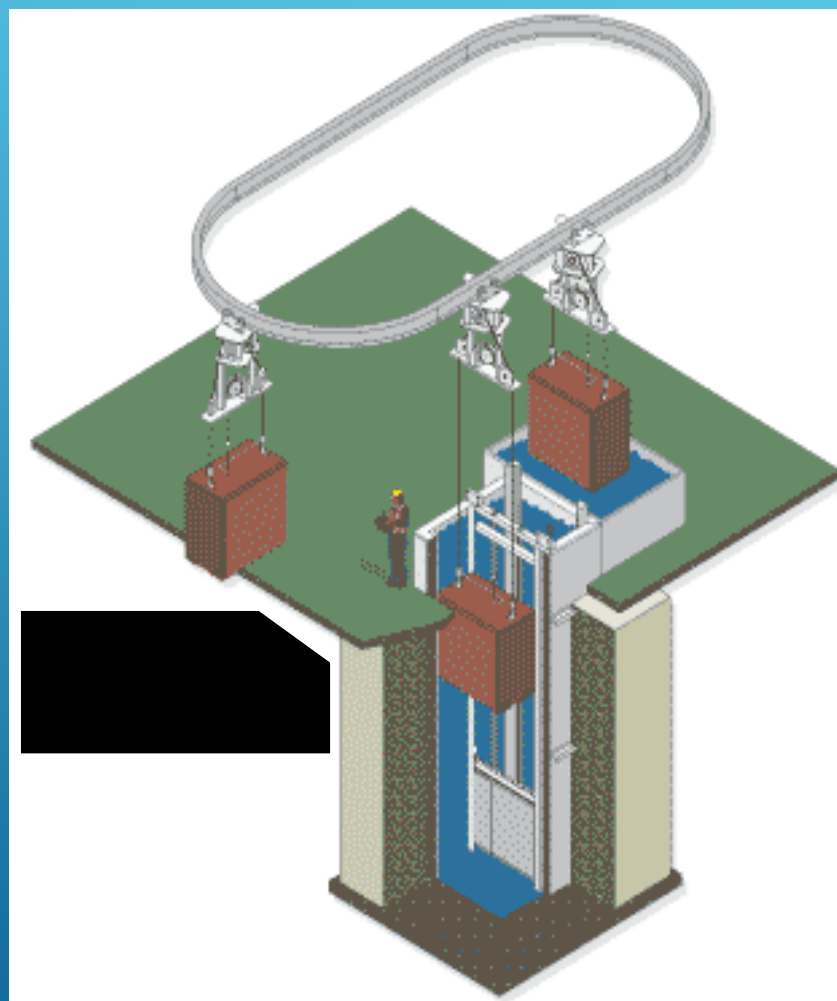
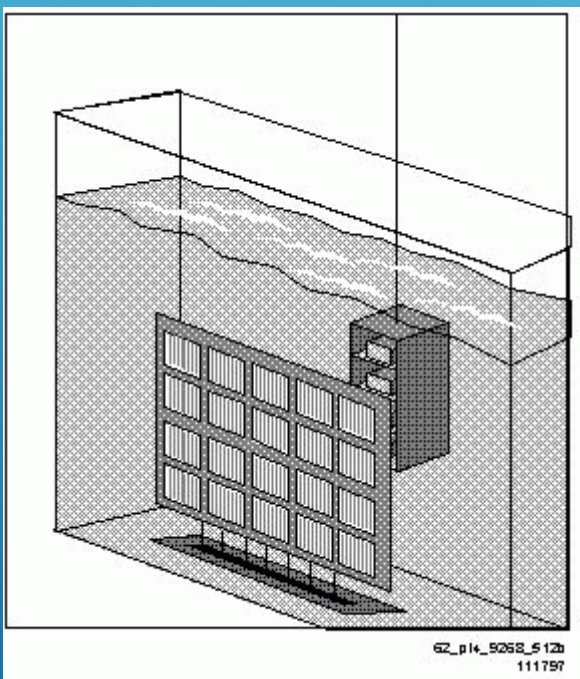
IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace



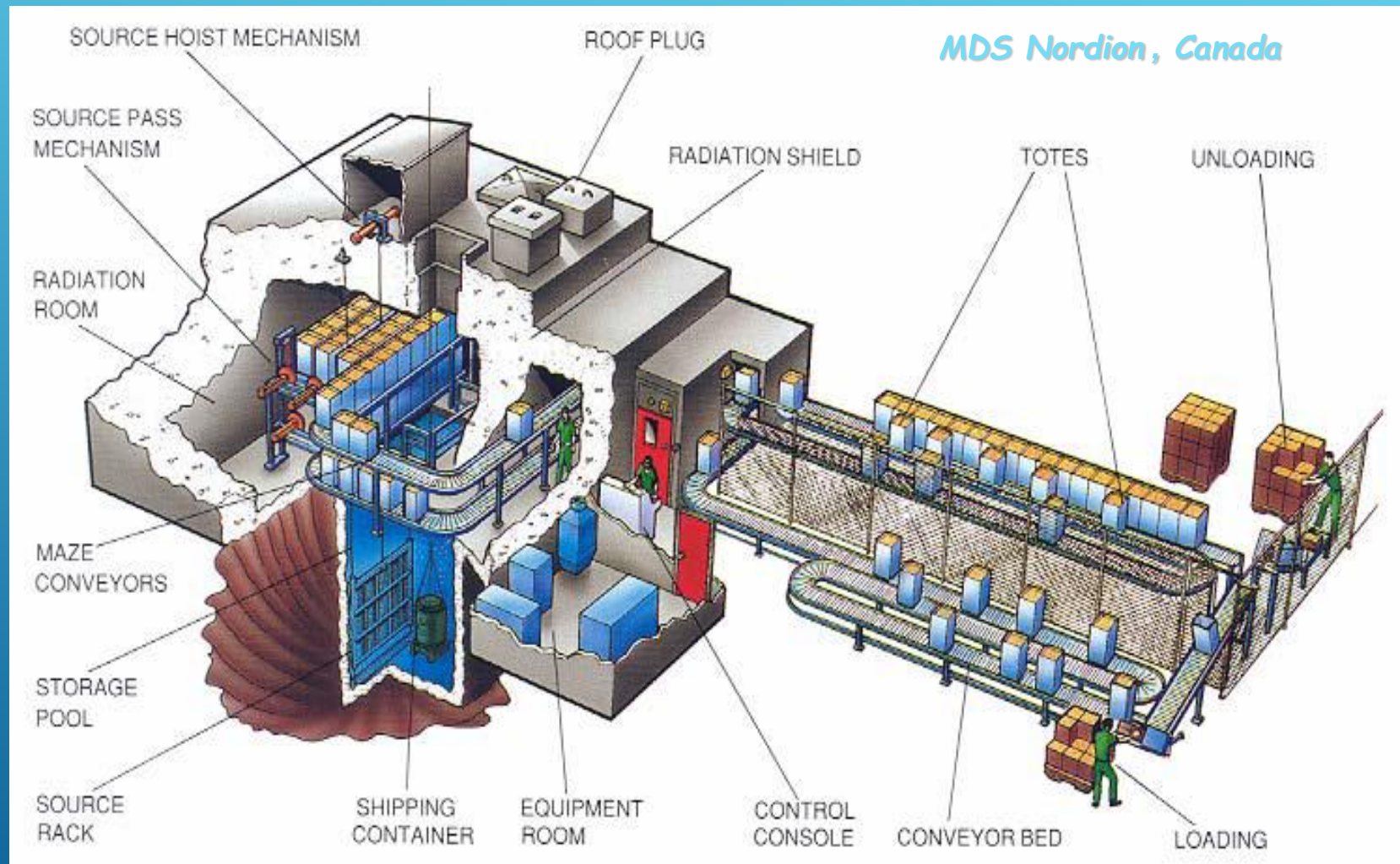
50

septiembre de
2016

CATEGORÍA III. MODELO DE IRRADIADOR GAMMA PROPUESTO POR GRAY STAR



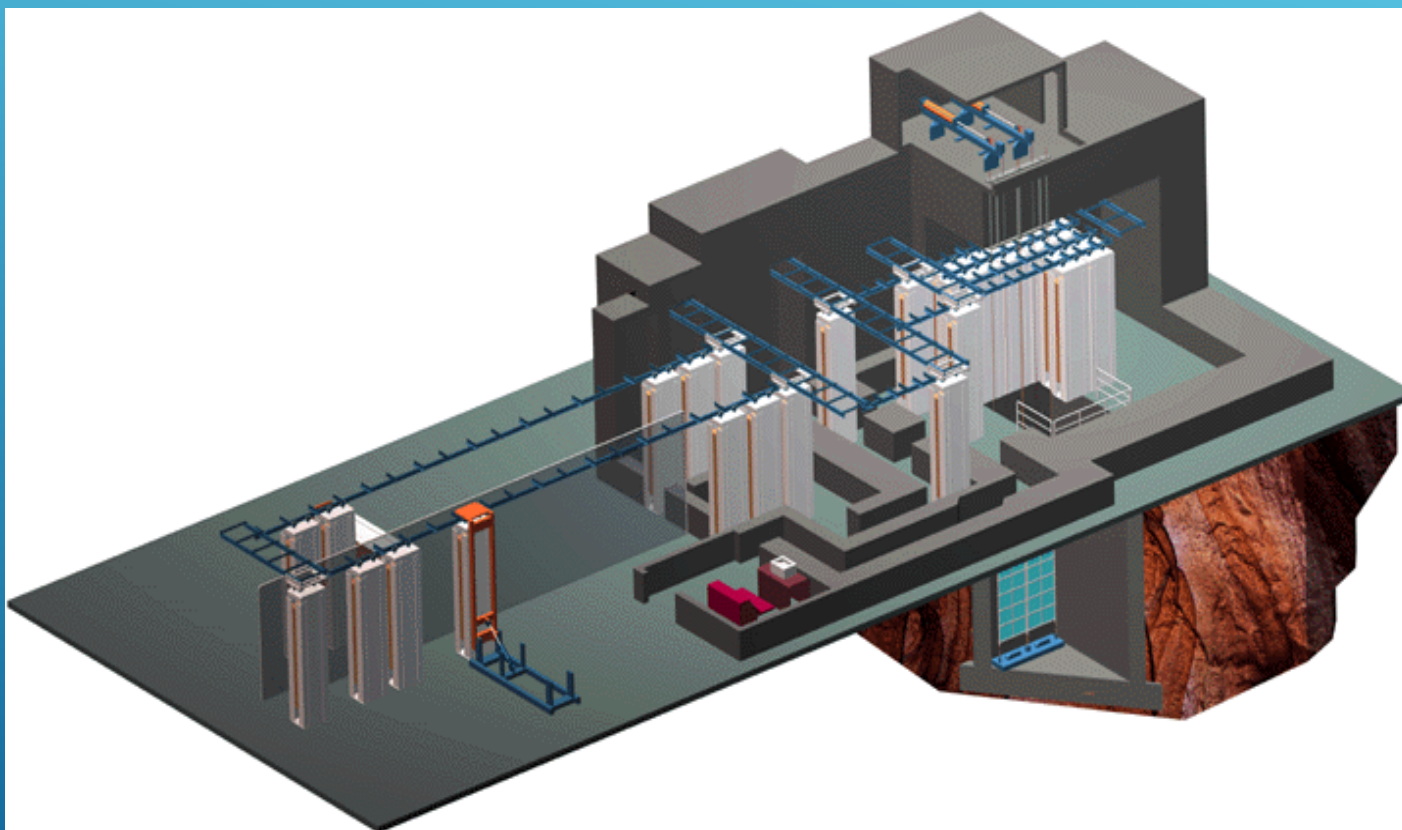
IRRADIADOR GAMMA INDUSTRIAL CATEGORÍA IV





IRRADIADOR DE TRANSPORTE (VAGONES)

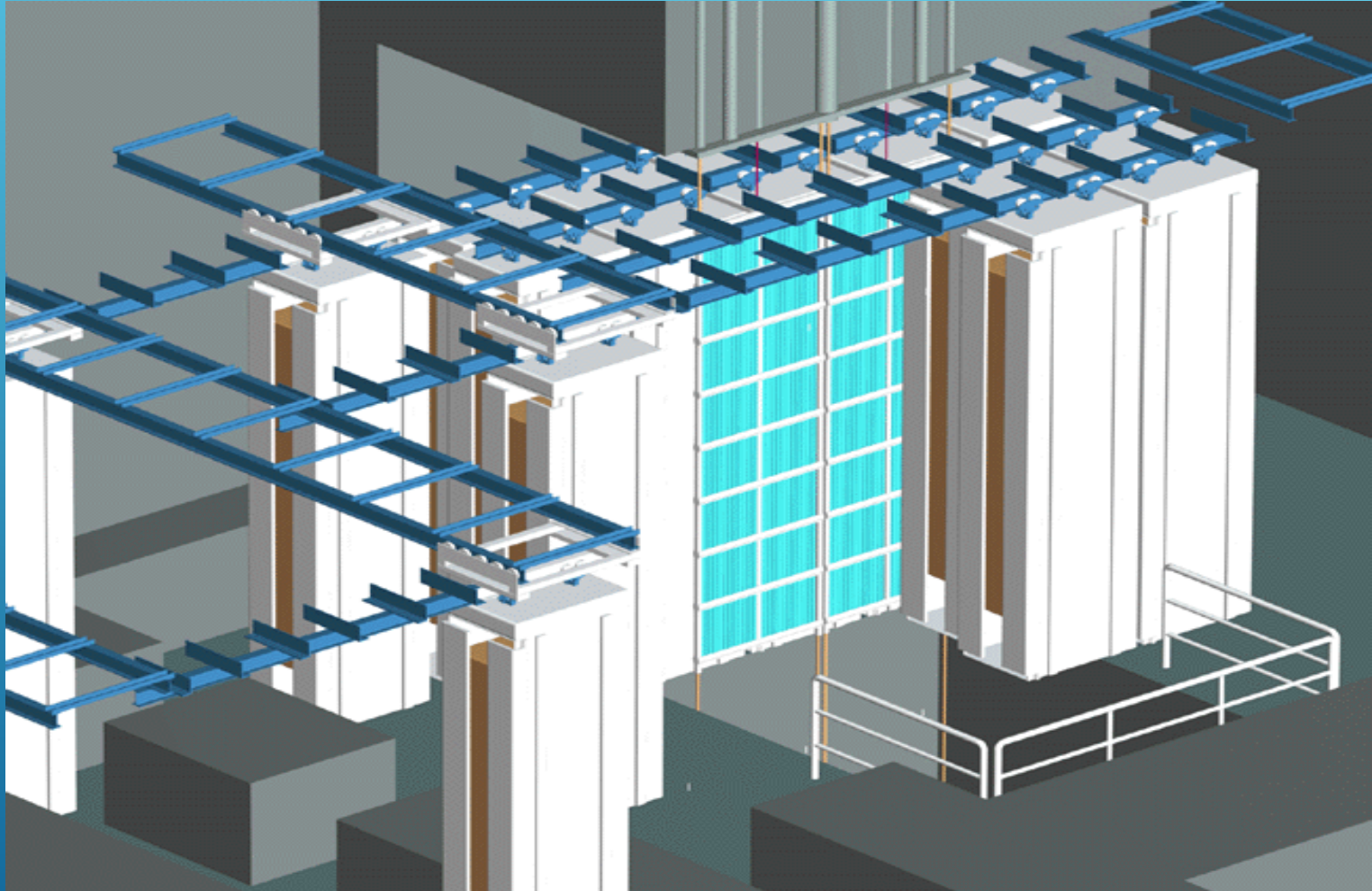
- ▶ Buena uniformidad de la dosis
- ▶ Manejo simple, flexible del producto
- ▶ Eficiente y versátil
- ▶ Operación automatizada (si las regulaciones lo permiten)



IRRADIADOR DE TRANSPORTE



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace



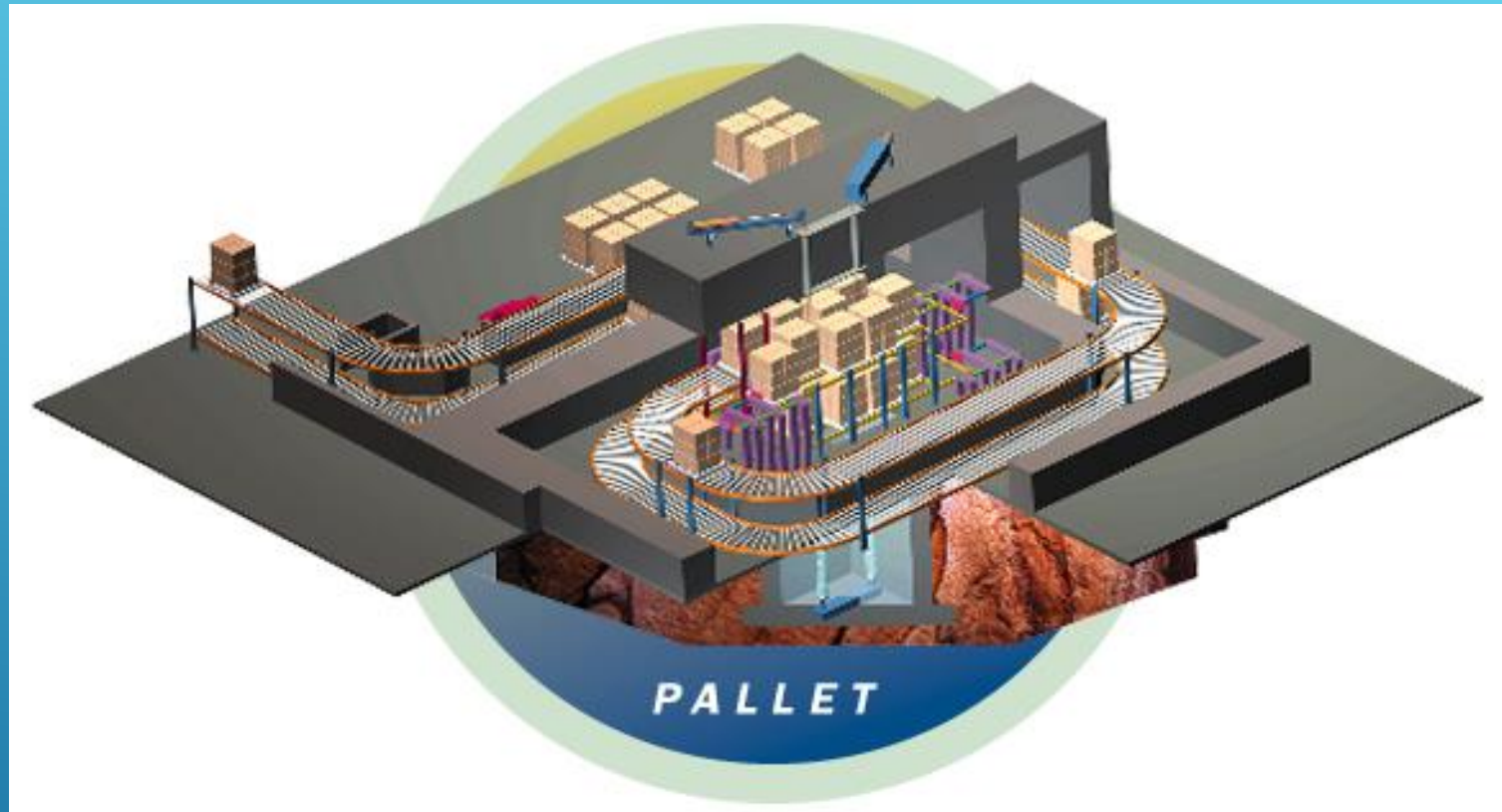


IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

ESTACIÓN DE CARGA DEL IRRADIADOR DE TRANSPORTE

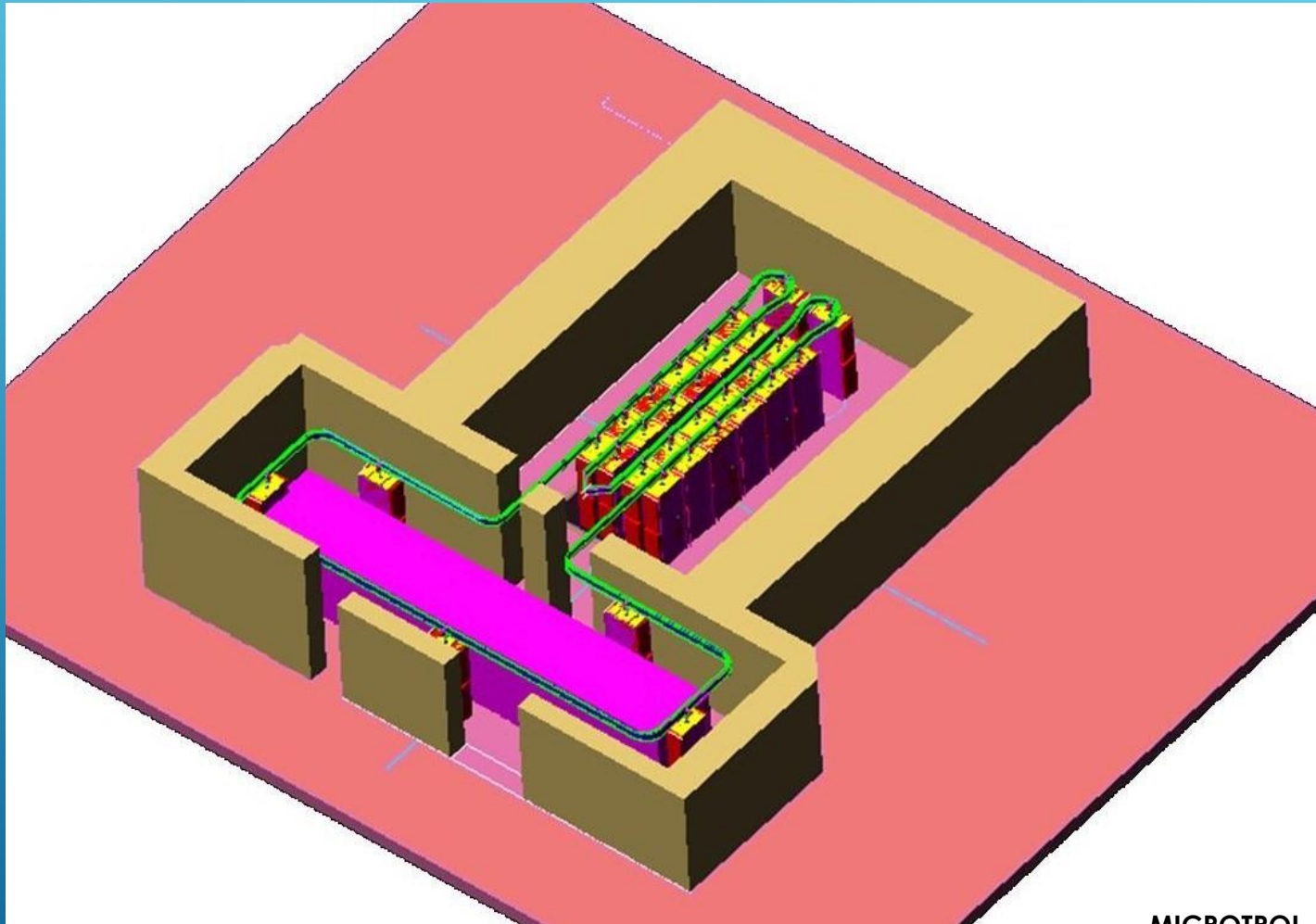


IRRADIADOR DE PALLETS (TARIMAS)



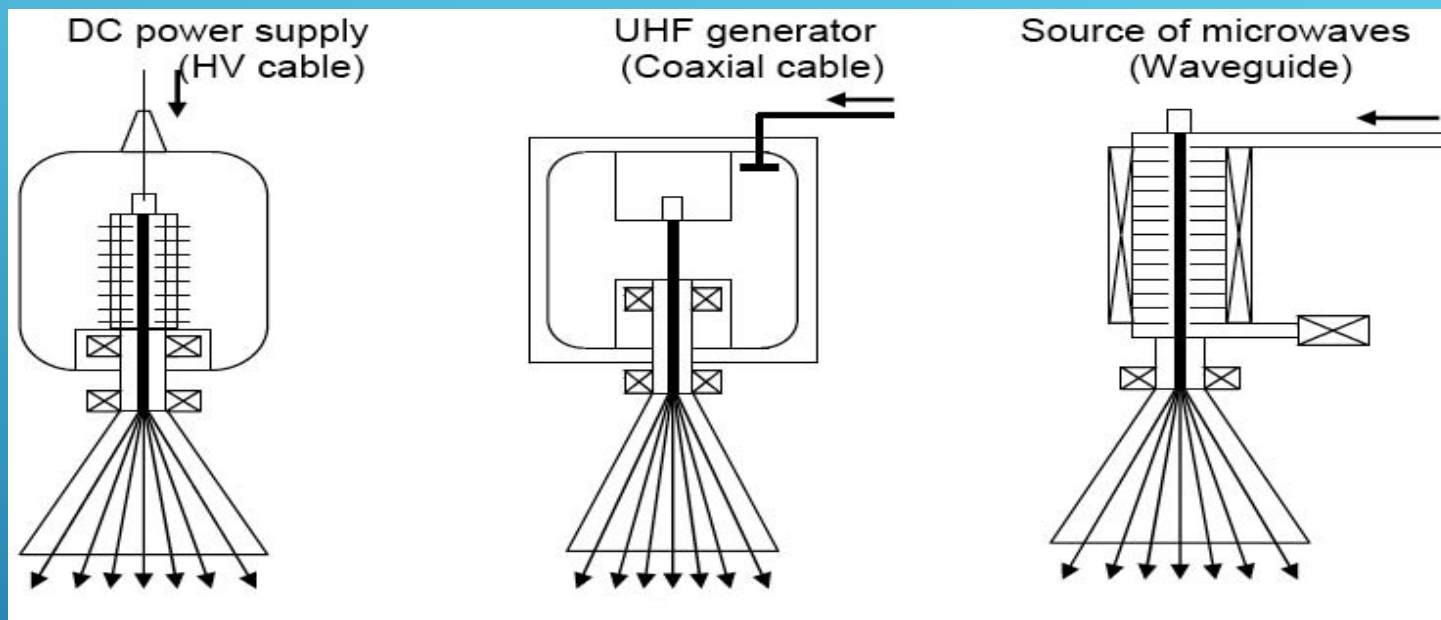
- ▶ Buena uniformidad de la dosis
- ▶ Elevado volumen de procesamiento en paletas
- ▶ Manejo mínimo de producto = Bajo costo operacional
- ▶ Capacidad de dosis incrementales
- ▶ Operación automatizada (si las regulaciones lo permiten)

IRRADIATOR with Hanging conveyor & PRODUCT-OVERLAP Geometry



MICROTROL

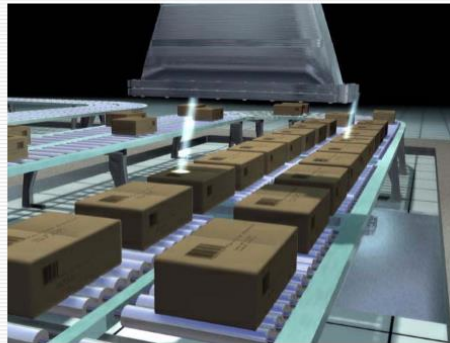
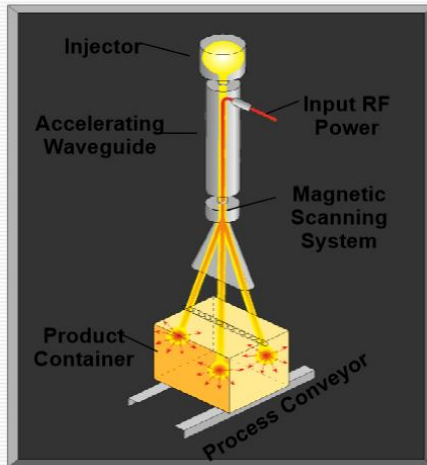
ACELERADORES DE PARTÍCULAS



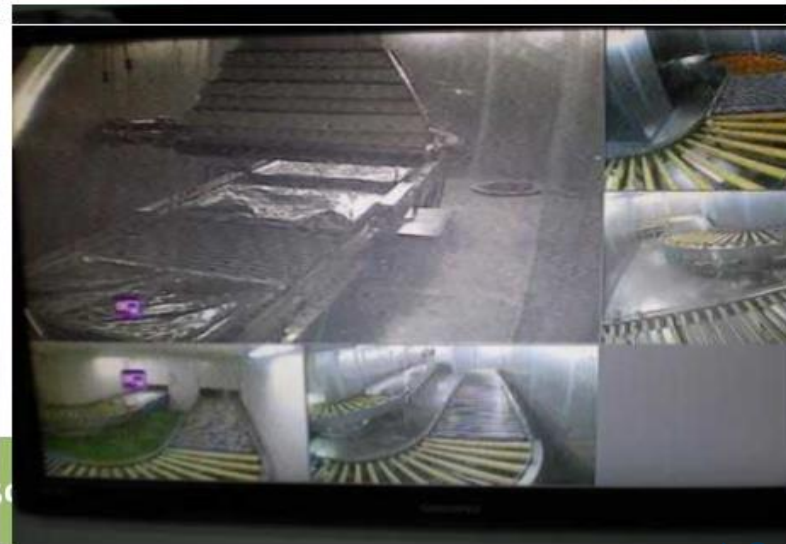
Trends in radiation sterilization of health care products. IAEA, Vienna 2008.

Pueden generar radiación ionizante en la forma de haces de electrones o rayos X.

How does Electron Beam Irradiation Work?



Cortesía Dr. S. Pillai TAMU



LA IRRADIACIÓN CON HACES DE ELECTRONES:

- ▶ La irradiación no requiere de isotopos radiactivos, evitando la transportación, manejo y disposición de material radiactivo.
- ▶ Su capacidad de proceso es superior a la de instalaciones con fuentes de rayos gamma
- ▶ Se pueden instalar varios aceleradores para mejorar la penetración en los productos.
- ▶ Puede tener opción para convertidor de rayos X



COMPARACIÓN FUENTES DE RADIACIÓN GAMMA Y EL ACELERADOR DE HAZ DE ELECTRONES

<u>PROPIEDAD DE ELECTRONES</u>	<u>RADIACIÓN GAMMA</u>	<u>HAZ</u>
Energía 0.05-10 MeV	Fija	Variable
Razón de Dosis	Baja (<1 kGy/h)	Alta (1 kGy/sec)
Penetración Pequeña	Grande	
Emisión de radiación Unidireccional	Isotrópica	
Operación	Continua	Switch ON/OFF
Utilización de la rad. Alta	Baja	
Control Complejo	Simple	
Confianza	Muy alta	
Alta		

6. VENTAJAS Y BENEFICIOS EN SU APLICACIÓN

Ventajas

- ▶ En general no existen restricciones de empaque, excepto los materiales en irradiación con haces de electrones
- ▶ Es un proceso efectivo y rápido
- ▶ Tratamiento en el empaque final:
previene la posible contaminación bacteriana posterior
- ▶ No requiere cuarentena post-proceso:
el producto se puede consumir de inmediato

Más de 60 años de los procesos de radiación beneficiando a los consumidores

- ▶ Aplicaciones para el cuidado de la salud
- ▶ Procesamiento de polímeros
- ▶ Irradiación de alimentos
- ▶ Aplicaciones ambientales



apps - salud alimentaria.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

Inicio Herramientas apps - salud alimen... x ? Iniciar sesión

27 (3 de 3) 75%

Algunos beneficios de la irradiación

- No aumenta la temperatura en el producto
- Libra al ambiente de fumigantes y conservadores químicos
- Se trata en su envase final
- Prolonga la vida útil
- Libera al alimento de microorganismos patógenos sin introducir sustancias extrañas
- El producto puede ser puesto a la venta inmediatamente después de ser irradiado
- Ofrece tratamiento para el control fitosanitario de alimentos frescos

Exportar archivo PDF

Adobe Export PDF

Convertir archivos PDF a Word o Excel Online

Seleccionar archivo PDF

apps - salud alimentaria.pdf

Convertir a

Microsoft Word (*.docx)

Idioma del documento:

Español Cambiar

Almacene y comparta archivos en Document Cloud

[Más información](#)

Windows taskbar: Windows, Calculator, Chrome, Firefox, Edge, File Explorer, Task Manager, Outlook, Skype, PowerPoint, Adobe Reader, System tray (ESP, LAA, 09:16 a. m., 16/08/2016)

Cortesía Elizabeth López, Rubén Gómez/ININ



Marketing irradiated food products

Irradiated products do sell

		
USA	France	New Zealand
		
China	Peru	Thailand

Consumers' acceptance less of an issue than retailers' acceptance

IAEA

DOSIS DE APLICACION PARA ALIMENTOS

- ▶ **Aplicaciones con dosis bajas (< 1kGy)**
 - ▶ **Fitosanitarias**, la desinfección de insectos de granos, papayas, mangos, aguacates ...
 - ▶ **Inhibición de Brotes** para papas, cebollas, ajos...
 - ▶ **Retardo en la Maduración**, desinfección de parásitos
- ▶ **Aplicaciones con dosis Medias (1 - 10 kGy)**
 - ▶ **El control de patógenos** en la carne, los huevos, langostas, carne de cangrejo, ostras ...
 - ▶ **Extensión de vida de anaquel** de pollo y cerdo, pescado bajo en grasa, fresas, zanahorias, setas, papayas ...
 - ▶ **La irradiación de especias**
- ▶ **Aplicaciones con altas dosis (> 10 kGy)**
 - ▶ **la esterilización de alimentos** de carne, aves de corral y algunos mariscos que normalmente se requiere para los pacientes hospitalizados o astronautas.



Cortesía Yves Jongen, IBA



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

Atoms For Peace

PATÓGENOS NO DESEABLES

- ✓ *E. coli* 0157:H7
- ✓ *Salmonella* spp.
- ✓ *Listeria monocytogenes*
- ✓ *Campylobacter jejuni*
- ✓ *Vibrio* spp.
- ✓ *Toxoplasma gondii*
- ✓ *Cyclospora* / *Cryptosporidium*

APLICACIONES DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:

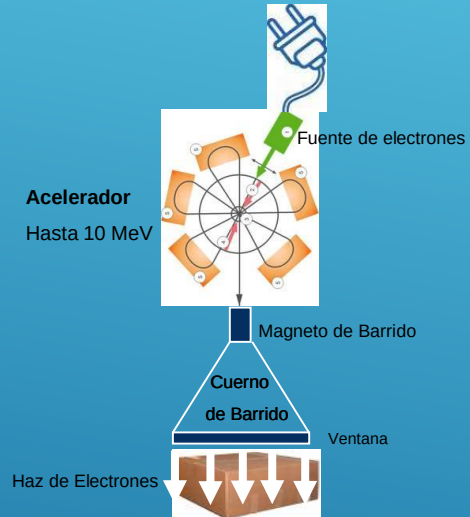
SANITARIAS Y FITOSANITARIAS

- MEJORA DE LA SEGURIDAD MICROBIOLÓGICA,
- PREVENCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DE PLAGAS DAÑINAS,
- REDUCCIÓN DE PERDIDAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO Y EXTENSIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL.

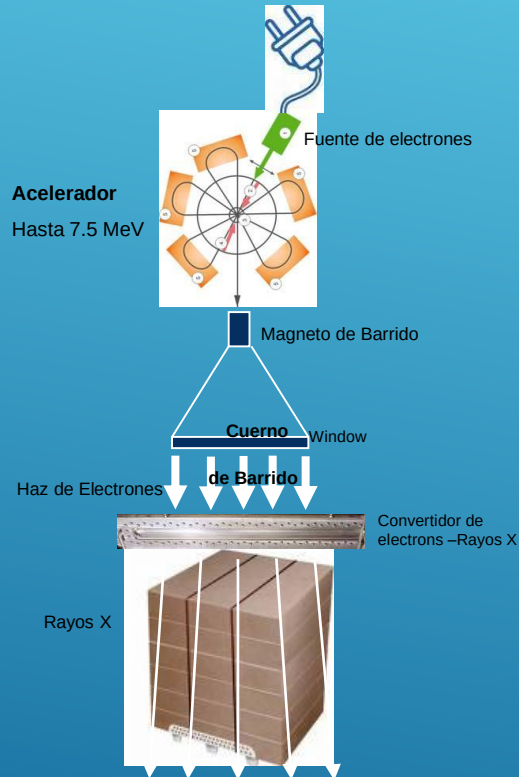


LAS OPCIONES PARA ESTERILIZAR CON IRRADIACIÓN

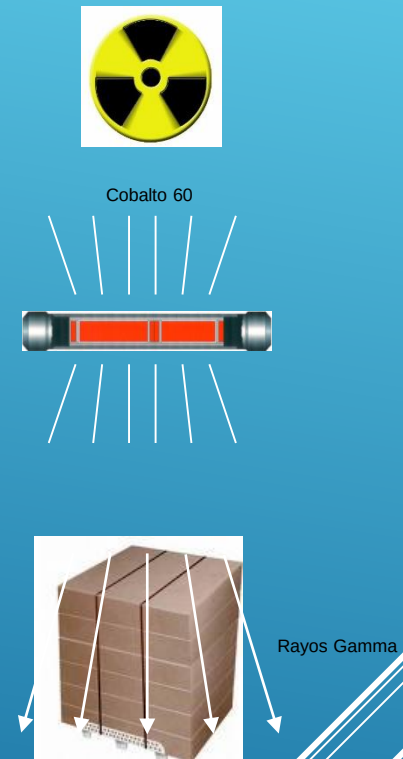
Haz de Electrones



Rayos X



Rayos Gamma



Cortesía Yves Jongen,
IBA



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

Atoms For Peace

LAS ESENCIALES DE HAZ DE ELECTRONES Y RAYOS X EN LA INDUSTRIA

- ❑ Química inducida por Haz de Electrones
- ❑ Defectos cristalinos inducidos por haces de electrones
 - ▶ Modificación of Semiconductores
 - ▶ Coloración de Gemas



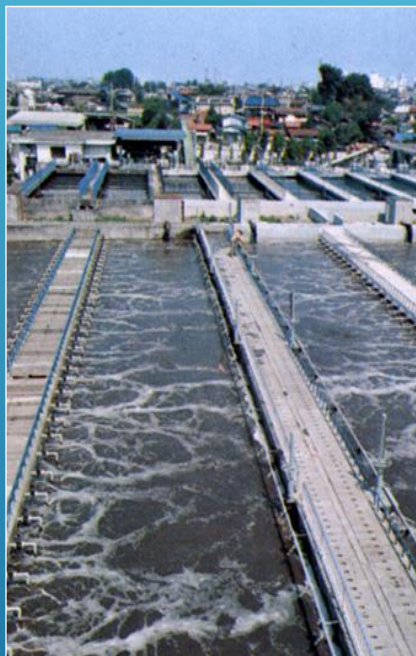
Cortesía Yves Jongen,
IBA

Aplicaciones ambientales de la irradiación con Haces de Electrones

Tratamiento de gases de combustión



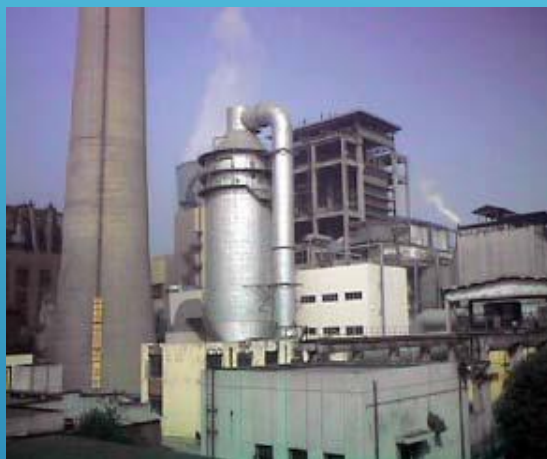
Tratamiento de efluentes líquidos



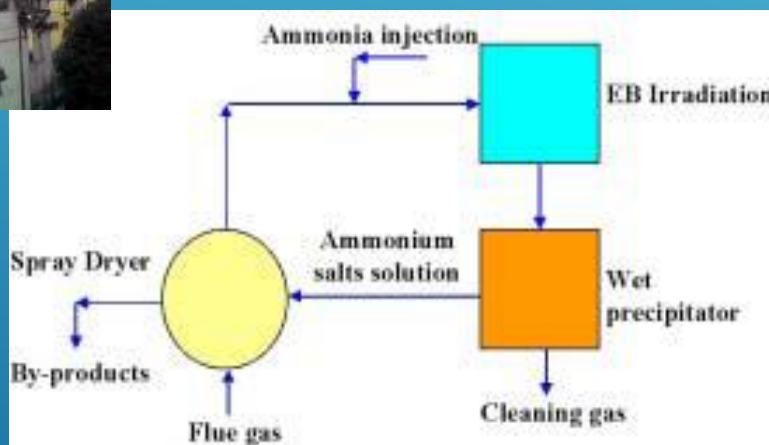
Produccion of Viscosa



LIMPIEZA DE GASES DE COMBUSTIÓN A BASE DE HAZ DE ELECTRONES



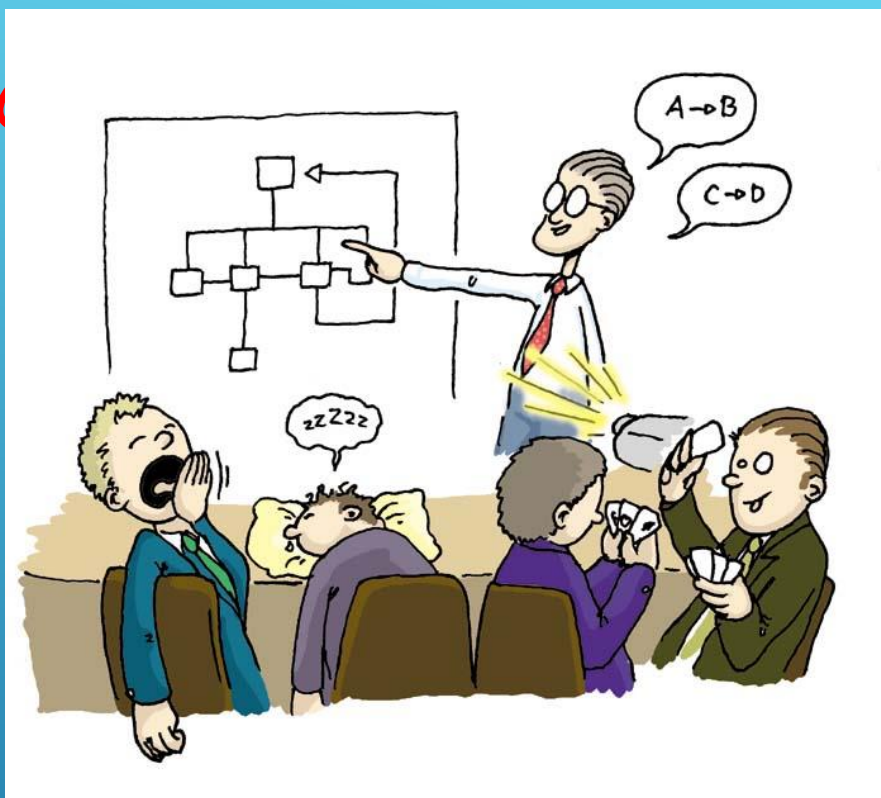
- Remoción de SO_x , y de NO_x
- Plantas Pilóto: China, Polonia, -Japón, EUA, Malasia, Alemania
- Plantas carboelectricas & -Incineradores Municipales de basura





IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

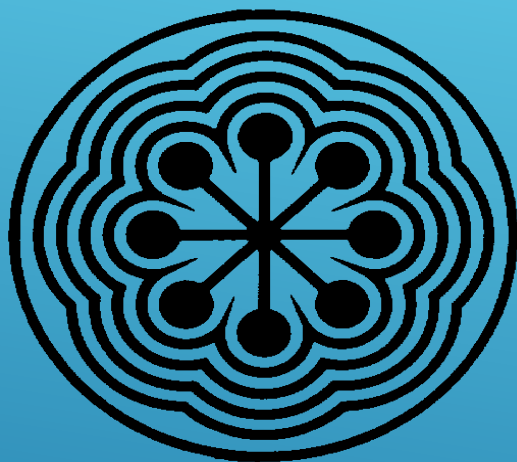
GRA





IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

Gracias por su Atención



ININ

Ing. Miguel Irán Alcérreca Sánchez

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

www.inin.mx