



AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR



Autoridad Regulatoria
Nuclear
Presidencia de la Nación Argentina

“La institución del Estado dedicada al control y fiscalización
de la actividad nuclear”

CICLO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

CONTROLES REGULATORIOS

Ing. Analía Saavedra
Control del Ciclo de Combustible
Autoridad Regulatoria Nuclear



Ciclo de Combustible Nuclear

- 1. Definición**
- 2. Etapas del Ciclo**
- 3. Ciclo de Combustible en Argentina**
- 4. Riesgos asociados**
- 5. Controles Regulatorios**
- 6. Puntos a destacar**

Ciclo de Combustible Nuclear

**Todas las operaciones
asociadas con la producción de
energía nucleoelectrónica, que incluyen:**

- Minería del uranio
- Concentración
- Procesamiento y enriquecimiento del uranio
- Fabricación del combustible nuclear
- Operación de las centrales nucleares
- Reprocesamiento del combustible nuclear
- Investigación y desarrollo
- Gestión de desechos (incluyendo la clausura).

Ciclo de Combustible Nuclear

Uranio

92	238,03
	3,4,5,6
3818	U
1132	
19,07	
[Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²	
Uranio	

- El uranio es una sustancia radiactiva natural.
- Forma parte de las rocas, tierra, aire y el agua y se halla en la naturaleza en forma de minerales, pero nunca como metal.
- El uranio metálico es de color plateado con superficie gris y es casi tan resistente como el acero.
- El uranio natural es una mezcla de tres isótopos, que son el mismo producto químico, pero cada uno tiene propiedades radiactivas diferentes.

Ciclo de Combustible Nuclear

Uranio



Las vidas medias son muy largas:
cerca de 200,000 años para el ^{234}U
700 millones de años para el ^{235}U
5 billones de años para el ^{238}U

El isótopo ^{235}U (0.711%) es útil como combustible en reactores nucleares y en armamentos.

Las rocas se llevan a una planta química donde se separa el uranio.

Ciclo de Combustible Nuclear

Uranio

El uranio-235 posee una alta probabilidad de fisionarse al ser bombardeado por neutrones térmicos.

Esta es la reacción responsable por la generación de calor en un Reactor Nuclear.

Esto es posible por la capacidad del uranio de sostener una reacción nuclear en cadena.



Ciclo de Combustible Nuclear

Uranio

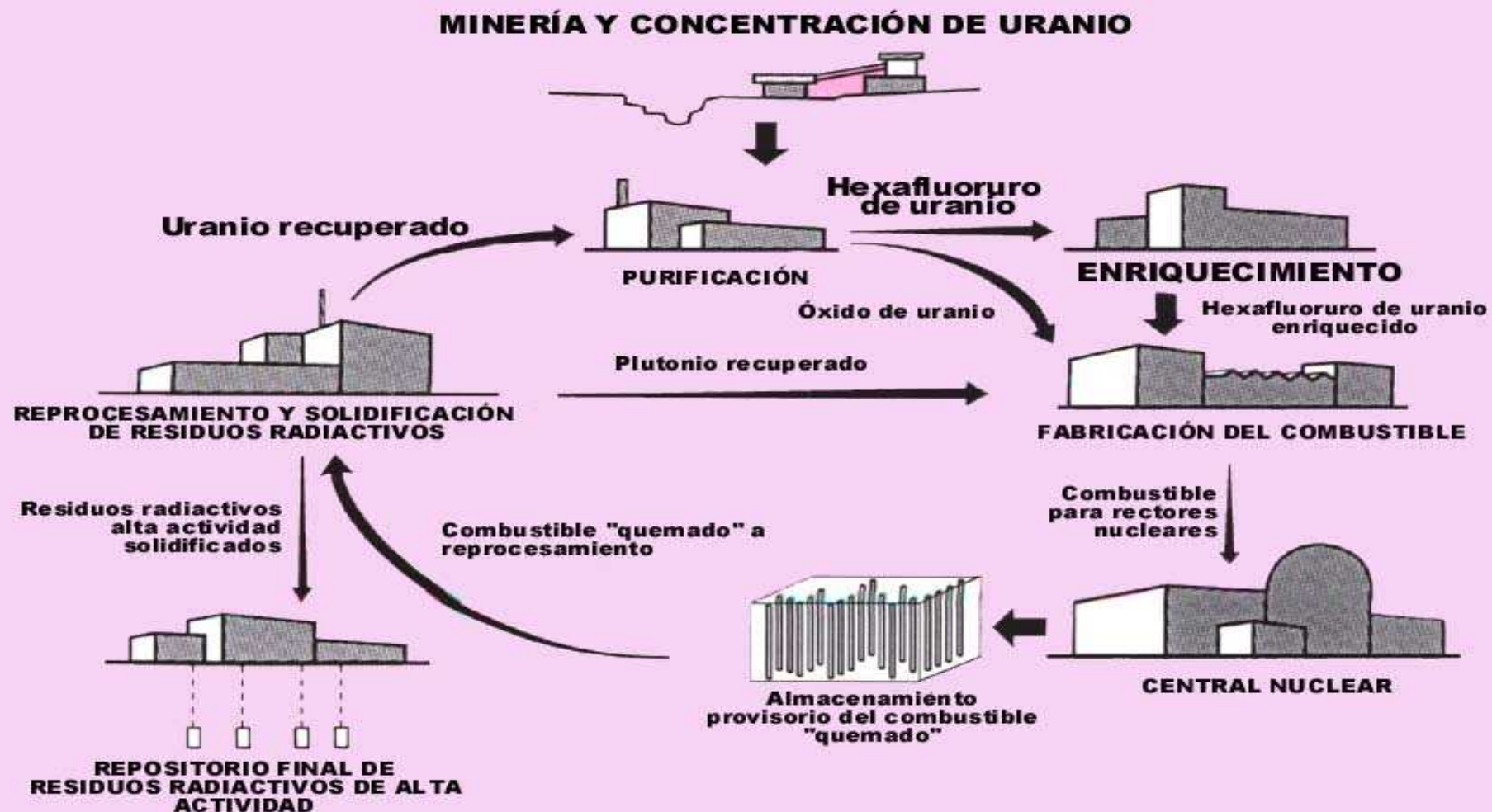
- *Riesgo radiológico*
- *Riesgo toxicológico (metal pesado)*
- *Riesgo de reacción nuclear en cadena*

Ciclo de Combustible Nuclear

ETAPAS:

- **Minería del uranio**
- **Concentración**
- **Procesamiento y enriquecimiento del uranio**
- **Fabricación del combustible nuclear**
- **Operación de las centrales nucleares**
- **Reprocesamiento del combustible nuclear**
- **Investigación y desarrollo**
- **Gestión de desechos (incluyendo la clausura).**

CICLO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR



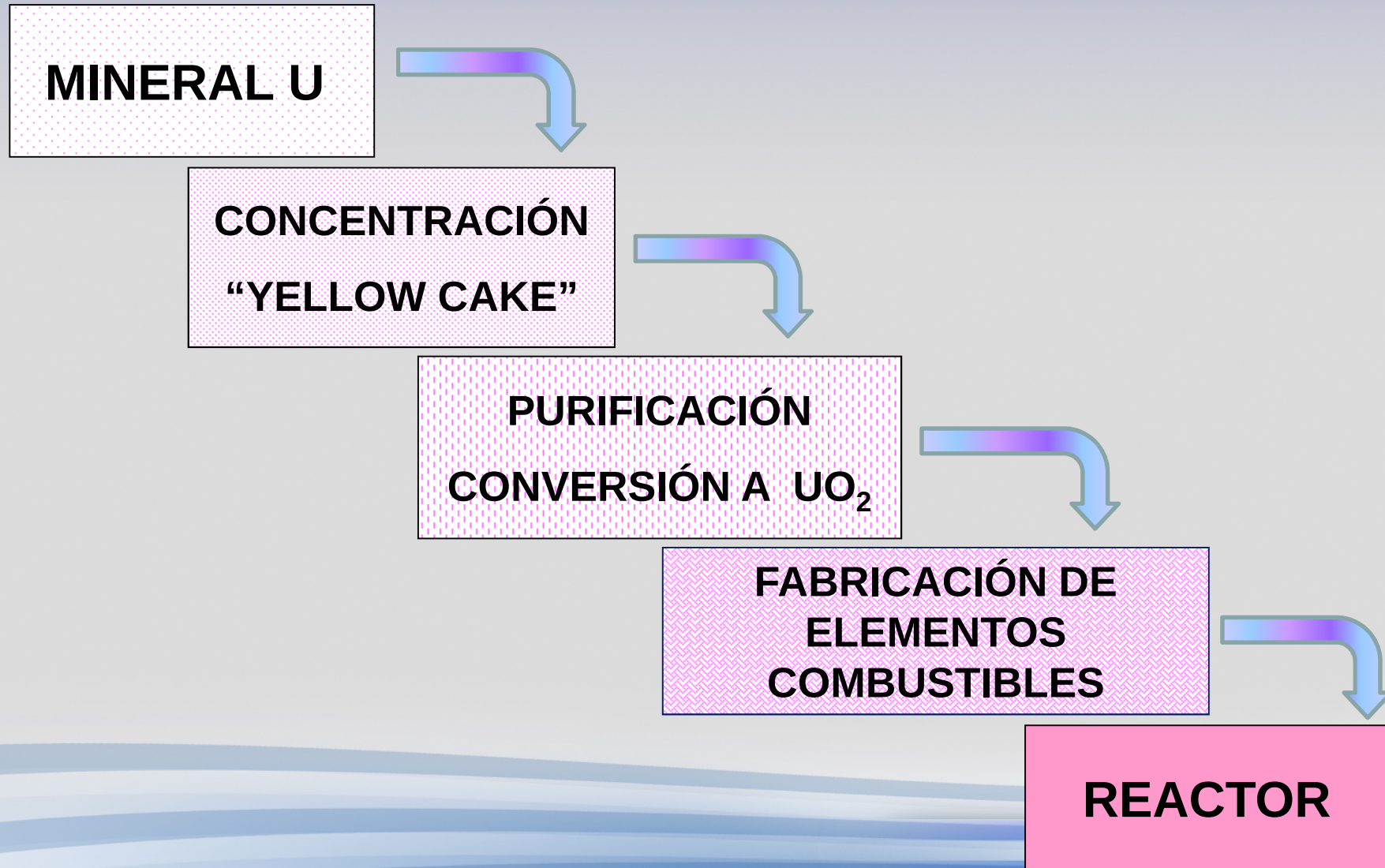
Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

DOS LÍNEAS:

- **Uranio Natural (0,711 % de U 235) o
Levemente Enriquecido (0,85 % de U 235)**
- **Uranio Enriquecido (Hasta el 20 % en U 235)**

CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

URANIO NATURAL Y LEVEMENTE ENRIQUECIDO



Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

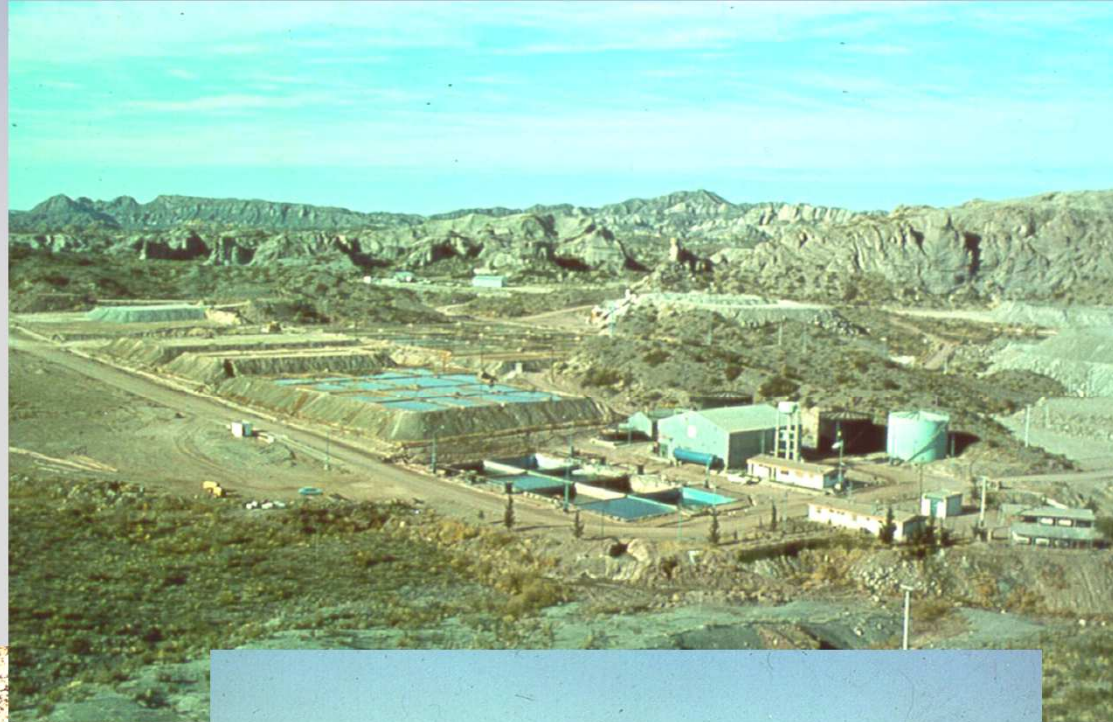
1º Etapa: Minería y Concentración de Uranio.

❖ Producción local

**Complejo Minero Fabril San Rafael.
Ubicado en "Sierra Pintada", en la provincia de Mendoza.
Operación: 1979 - 1995**

❖ Importación de Concentrado de Uranio Natural

COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL



Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

**2º Etapa: Purificación – Óxido de Uranio
Planta de Conversión a UO₂
Complejo Fabril Córdoba.**

**Destinada a la purificación de concentrado de uranio y
conversión a polvo de óxido de uranio de pureza nuclear.**

Operación: desde 1982.

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

**2º Etapa: Purificación – Oxido de Uranio
Planta de Conversión a UO₂
Complejo Fabril Córdoba.**

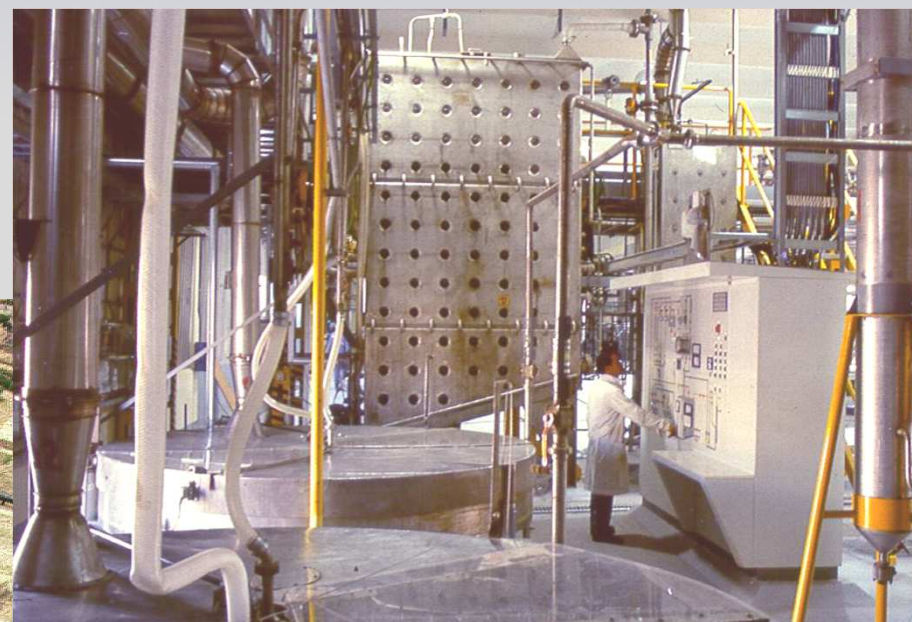
- 1. Disolución del uranio en ácido nítrico : Nitrato de Uranilo impuro**
- 2. Filtración, extracción y reextracción : Nitrato de Uranilo**
- 3. Evaporación : Nitrato de Uranilo puro**
- 4. Precipitación : Uranil tricarbonato de amonio (AUC)**
- 5. Filtración y conversión en horno de lecho fluidizado : UO₂**
- 6. Homogeneización : UO₂ - Producto terminado**

Capacidad de la planta; 150 t de uranio por año.

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

2º Etapa: Purificación – Óxido de Uranio
Planta de Conversión a UO₂ - Complejo Fabril Córdoba.



Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

**3º Etapa: Fabricación de Elementos Combustibles
Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares
CONUAR S.A.**

Centro Atómico Ezeiza, a 40 km de la Ciudad de Buenos Aires.

El proceso principal consiste en procesar el dióxido de uranio de pureza nuclear, fabricar las pastillas y encapsularlas en tubos de Zircalloy, para formar manojos de barras que conforman los elementos combustibles de las CNE y CNAI y II.

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

**3º Etapa: Fabricación de Elementos Combustibles
Fábrica de Elementos Combustibles Nucleares
CONUAR S.A.**

2 líneas de producción:

- **U Natural (0,711 % U235) – CNE y CNA II**
- **U levemente Enriquecido (0,85 % U235) – CNA I**



para Motores de Potencia

**Central
Nuclear
Embalse**



Elementos Combustibles para Reactores de Potencia

**Central
Nuclear
Atucha I**



Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

4º Etapa: Generación Nucleoeléctrica

- **Central Nuclear Embalse - 648 MW**

Ubicada en Embalse , Provincia de Córdoba

- **Central Nuclear Atucha I - 357 MW**

Ubicada en Lima , Provincia de Buenos Aires

- **Central Nuclear Atucha II (en construcción) - 745 MW**

Ubicada en Lima , Provincia de Buenos Aires

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Natural y Levemente Enriquecido

Almacenamiento Transitorio de Elementos Combustibles Quemados

Central Nuclear Embalse

- **Piscina de almacenamiento bajo agua.**
- **Almacenamiento en seco de elementos combustibles quemados - Silos.**

Central Nuclear Atucha I

- **Piscina de almacenamiento bajo agua**

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

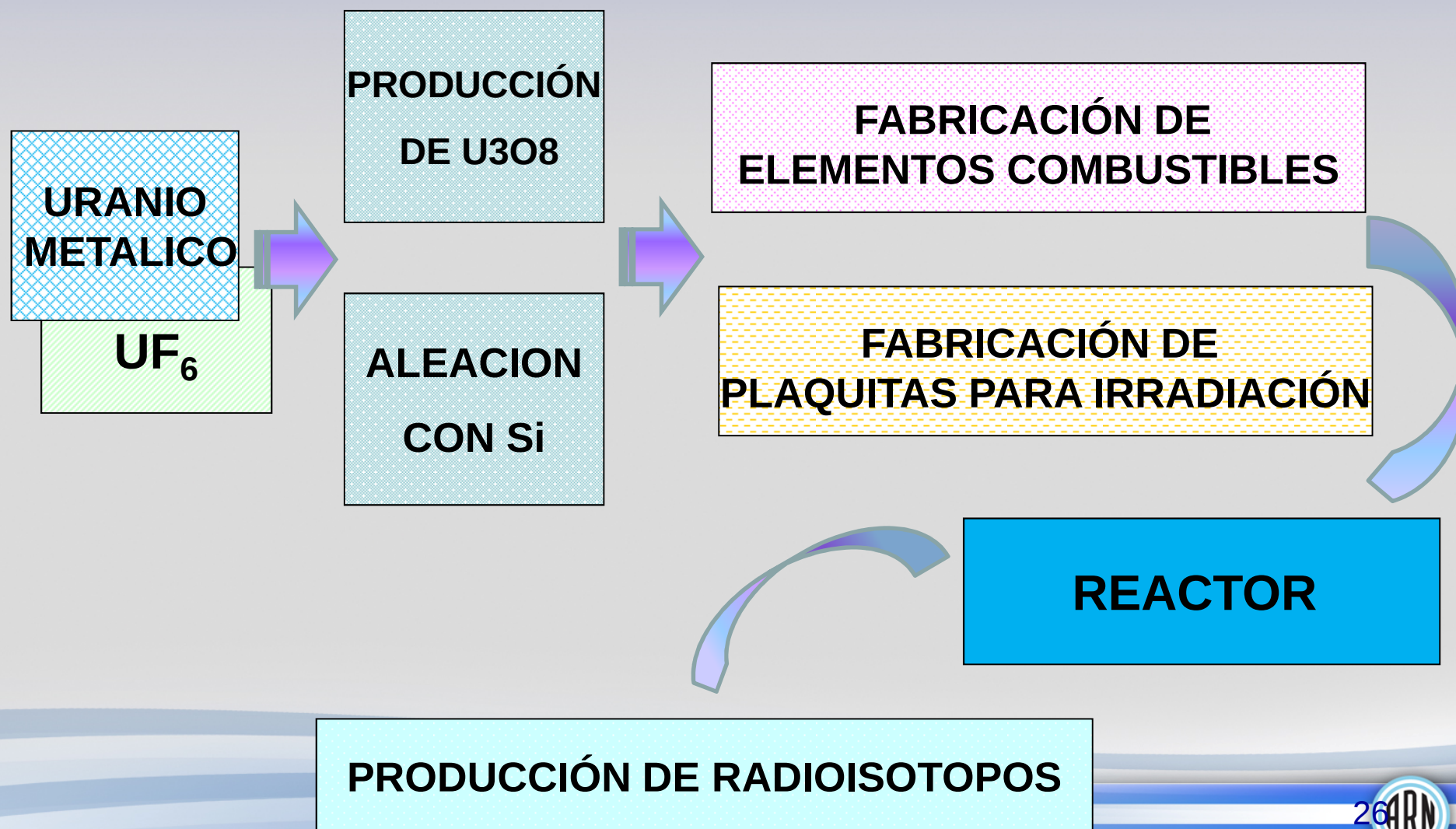
Natural y Levemente Enriquecido

Otras instalaciones:

- **Laboratorios de Mediciones y Análisis**
- **Laboratorios de Investigación y Desarrollo**
- **Instalaciones de Gestión de Residuos**

CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

URANIO ENRIQUECIDO E<20 %



Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Uranio Enriquecido al 20 %

- **Importación de U al 20 %, metal.**
- **Conversión a U_3O_8 / Aleación con Si .**
- **Fabricación de Elementos Combustibles y plaquitas para producción de Mo-99.**
- **Reactores de Investigación, Docencia y Producción de Radioisótopos.**
- **Laboratorios de Investigación y desarrollo**
- **Plantas piloto**

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Uranio Enriquecido al 20 %

- **Planta de Fabricación de Polvos de Uranio – CAC**
- **Planta de Fabricación de Elementos Combustibles para Reactores de Investigación (ECRI) – CAC**
- **Fabrica de Elementos Combustibles para Reactores de Investigación (FECRI) – CAE**
- **Reactores de Investigación, docencia, producción de radioisótopos, y facilidades críticas:**

RA0 – Córdoba

RA1 - CAC

RA3 - CAE

RA4 – Rosario

RA6 - CAB

RA8 - CTP

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Controles Regulatorios

RIESGOS ASOCIADOS

Público

➤ ***Personas***

Trabajadores

➤ ***Ambiente***

➤ ***Generaciones futuras***

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Controles Regulatorios

Objetivos

- *Operación segura de las Instalaciones*
- *Personal capacitado*
- *Control de Dosis*
- *Condiciones Laborales*
- *Condiciones del Medio Ambiente*
- *Acondicionamiento y Disposición Final de Residuos*

Ley Nacional de la Actividad Nuclear

Ley N° 24804

- **Sancionada el 2 de abril de 1997**
- **Establece que el Estado Nacional fijará la política nuclear y ejercerá las funciones de:**
 - **Regulación y fiscalización por medio de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN).**
- **Decreto N° 1390 del 27 de noviembre de 1998, alcances y procedimientos de aplicación.**
- **Jurisdicción: Presidencia de la Nación**

AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR

Regulación y fiscalización de la actividad nuclear en todo lo referente a:

- Seguridad radiológica y nuclear
- Protección física y fiscalización del uso de materiales nucleares
- Licenciamiento y fiscalización de instalaciones nucleares y salvaguardias internacionales
- Asesoramiento al Poder Ejecutivo nacional.

Propósitos de la ARN

- Proteger a las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes;
- Velar por la seguridad radiológica y nuclear en las actividades nucleares;
- Asegurar que las actividades nucleares no sean desarrolladas con fines no autorizados por esta ley;
- Prevenir la comisión de actos intencionales que puedan conducir a consecuencias radiológicas severas.

Funciones de la ARN

- **Dictar normas regulatorias sobre seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias, protección física y transporte de material radiactivo**
- **Otorgar, suspender y revocar licencias de construcción y operación como permisos o autorizaciones**
- **Realizar inspecciones y evaluaciones regulatorias**
- **Proteger la información restringida**

Norma Básica de Seguridad Radiológica

La Norma básica de seguridad radiológica.

Revisión 3, año 2001

Objetivo:

lograr un nivel apropiado de protección de las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes y de seguridad de las fuentes de radiación.

Norma Básica de Seguridad Radiológica

Se aplica a

todas las instalaciones, prácticas e intervenciones que regula y fiscaliza la ARN.

Su cumplimiento no exime del cumplimiento de otras normas y requerimientos no relacionados con la seguridad radiológica, establecidos por otras autoridades competentes.

Norma Básica de Seguridad Radiológica

Licenciamiento de Instalaciones

Documentación Mandatoria

Informe de Seguridad

Norma Básica de Seguridad Radiológica

Las instalaciones reguladas por la ARN pueden ser de distintas características, riesgos y envergadura, y son definidas según la Norma básica arriba citada, como:

Instalación Clase I: *Instalación o práctica que requiere un proceso de licenciamiento de más de una etapa.*

Instalación Clase II: *Instalación o práctica que sólo requiere licencia de operación.*

Instalación Clase III: *Instalación o práctica que sólo requiere registro.*

Norma Básica de Seguridad Radiológica

Instalación Minero Fabril: Instalación destinada a la extracción y concentración de minerales que contienen radionucleidos de la serie del uranio o de la serie del torio, a los efectos de producir concentrado de uranio o de torio, y que puede incluir el sitio de disposición final de residuos radiactivos provenientes de esa producción.

Instalación Nuclear: Instalación donde se procesa, manipula, almacena transitoriamente o utiliza material fisionable, excluyendo Instalaciones Minero Fabriles.

Instalación Radiactiva: Instalación donde se procesa, manipula, almacena transitoriamente o utiliza material radiactivo no fisionable.

Norma Básica de Seguridad Radiológica

Licenciamiento del Personal

Formación Especializada

Capacitación Específica

Norma Básica de Seguridad Radiológica

En cuanto al licenciamiento del personal de las instalaciones licenciadas por la ARN, la normativa define:

Licencia Individual: Certificado, expedido por la Autoridad Regulatoria, por el que se reconoce la capacidad técnico-científica de un individuo para desempeñar una función dada en una Instalación Clase I.

Autorización Específica: Certificado, expedido por la Autoridad Regulatoria, por el que se autoriza a una persona, que posee Licencia Individual, a ejercer una función especificada, en una Instalación Clase I determinada.

Responsable Primario: Persona que asume la responsabilidad directa por la seguridad radiológica de una Instalación Clase I.

Norma Básica de Seguridad Radiológica

En cuanto al licenciamiento del personal de las instalaciones licenciadas por la ARN, la normativa define:

Licencia Individual: Certificado, expedido por la Autoridad Regulatoria, por el que se reconoce la capacidad técnico-científica de un individuo para desempeñar una función dada en una Instalación Clase I.

Autorización Específica: Certificado, expedido por la Autoridad Regulatoria, por el que se autoriza a una persona, que posee Licencia Individual, a ejercer una función especificada, en una Instalación Clase I determinada.

Responsable Primario: Persona que asume la responsabilidad directa por la seguridad radiológica de una Instalación Clase I.

Norma Básica de Seguridad Radiológica

Permiso Individual: Certificado, expedido por la Autoridad Regulatoria, por el que se autoriza a una persona a trabajar con fuentes de radiación, en una Instalación Clase II o en una práctica no rutinaria.

Responsable: Persona que asume la responsabilidad directa por la seguridad radiológica de una Instalación Clase II o Clase III o de una práctica no rutinaria.

Norma Básica de Seguridad Radiológica

En todos los casos se deben:

- *justificar las prácticas,*
- *respetar los límites de dosis y las restricciones de dosis establecidas,*
- *efectuar la optimización de la protección radiológica y prevenir adecuadamente la posibilidad de accidentes.*

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

CONTROLES REGULATORIOS

Inspecciones de Seguridad Radiológica y Nuclear

➤ **DOSIS**

- **Contaminación Interna**

- **Exposición Externa**

➤ **MONITOREO DE AREA**

- **Contaminación superficial**

- **Condiciones del aire**

➤ **PREVENCION DE ACCIDENTES DE CRITICIDAD ($E + 1,00\%$)**

- **Por diseño**

- **Por Procedimientos Administrativos**

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

CONTROLES REGULATORIOS (Cont.)

Inspecciones de Seguridad Radiológica y Nuclear

➤ **DESCARGAS AL AMBIENTE**

- **Efluentes gaseosos**
- **Efluentes líquidos**

➤ **RESIDUOS RADIATIVOS**

- **Control de acondicionamiento**
- **Condiciones de almacenamiento y disposición**

➤ **PROCEDIMIENTOS E INSTRUCCIONES**

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

CONTROLES REGULATORIOS

- *Verificación de los medios tecnológicos utilizados*
- *Actualización de la Documentación Mandatoria*
- *Reentrenamiento periódico del personal*

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

*Cómo se minimizan los riesgos
en las instalaciones que procesan Uranio ?
(según se trate de U Nat o Enriquecido), en general:*

• ***Contaminación Interna***

Barreras - Zonificación

Monitoreo de Area

• ***Accidentes de Criticidad***

Control por diseño

Control administrativo

• ***Exposición Externa***

Distancia-Tiempo-Atenuación

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

*Cómo se minimizan los riesgos
en las instalaciones que procesan Uranio ?
(según se trate de U Nat o Enriquecido), en general:*

•Descargas al ambiente

Bancos de filtros - Monitoreo

•Residuos

**Controles (generación,
tratamiento, inventario, monitoreo)**

•Dosis del personal

Registros e Informes

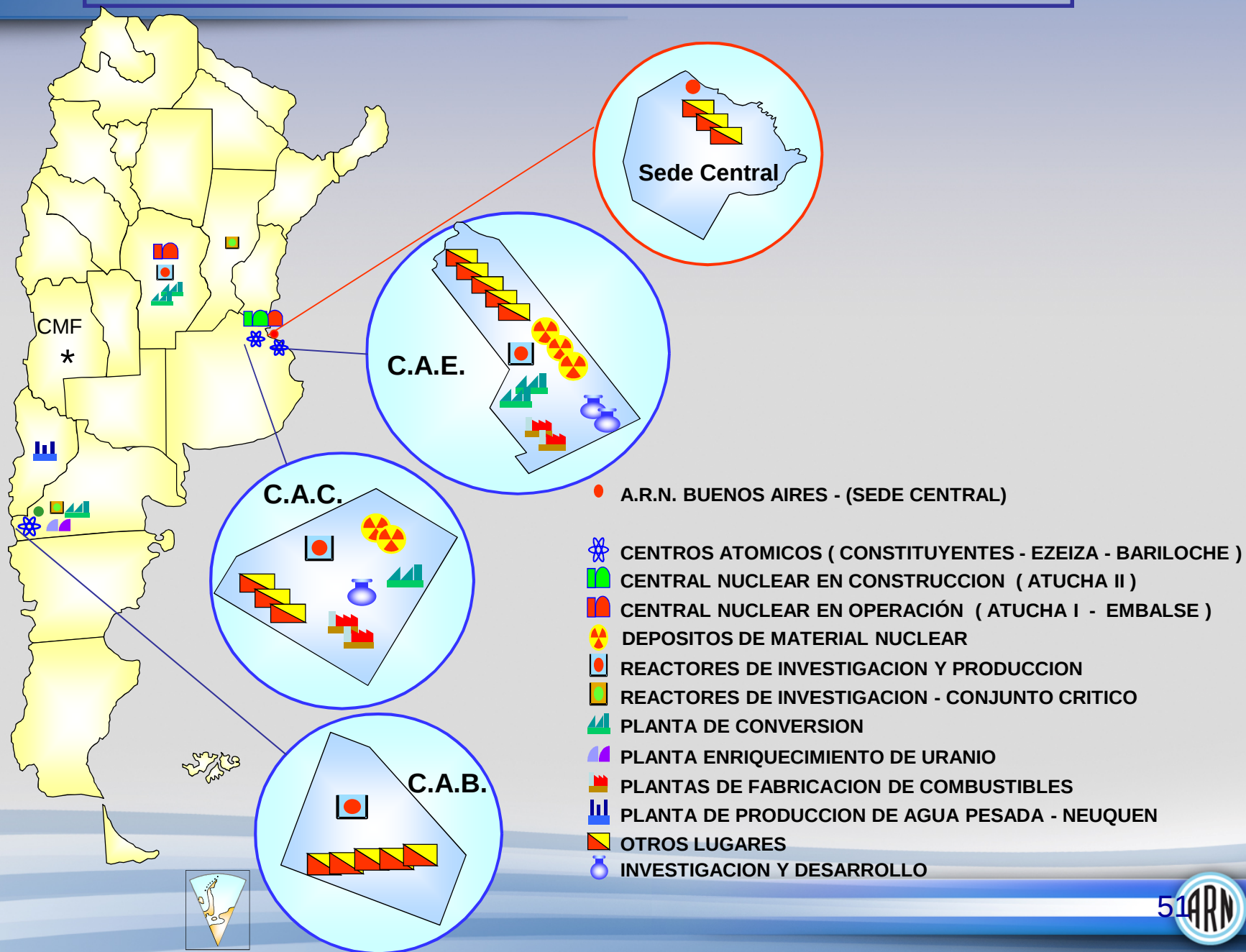
Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Controles Regulatorios

Instalaciones:

- ***2 Centrales Nucleares de Potencia en operación***
- ***1 Central Nuclear de Potencia en construcción***
- ***6 Reactores de investigación, docencia y producción de radioisótopos***
- ***10 Instalaciones Clase I + 3 en licenciamiento***
- ***14 instalaciones clase II y III + 4 en licenciamiento***
- ***8 Instalaciones Minero Fabriles***

INSTALACIONES NUCLEARES - DISTRIBUCION GEOGRAFICA



Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Controles Regulatorios

ARN

- ***Gerencia de Control y Licenciamiento de Reactores Nucleares***
- ***Gerencia de Seguridad Radiológica, Física y Salvaguardias***
- ***Gerencia de Apoyo Científico - Técnico***

Normas Regulatorias

*En la actualidad hay 62 **normas regulatorias** vigentes, emitidas por la ARN.*

*Están vigentes 10 **guías regulatorias**, también emitidas por la ARN.*

Normativa Regulatoria

Régimen de Tasas por Licenciamiento e Inspección

Se aplica a las personas físicas o jurídicas que soliciten el otorgamiento o sean titulares de licencias, autorizaciones de operación, autorizaciones específicas y permisos individuales, como así también para aquellas personas físicas o jurídicas que soliciten el otorgamiento o sean titulares de certificados de aprobación del transporte de material radiactivo emitidas por la ARN.

Normativa Regulatoria

Régimen de Sanciones

*La ARN tiene además la facultad de aplicar sanciones, tal como lo establece el artículo 16 inciso g) de la Ley N° 24.804, y eso se refleja en el **"Régimen de Sanciones por Incumplimiento de las Normas de Seguridad Radiológica y Nuclear, Protección Física, Salvaguardias y No Proliferación Nuclear en Instalaciones Relevantes"**.*

Autoridad Regulatoria Nuclear

La Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) es el organismo del Estado Argentino cuya

misión

es proteger a las personas, el ambiente y las futuras generaciones de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Ciclo de Combustible Nuclear en Argentina

Muchas Gracias !!

Ing. Analía Saavedra
Control de Instalaciones Radiactivas Clase I
y Ciclo de Combustible Nuclear
Autoridad Regulatoria Nuclear

asaavedra@arn.gob.ar

6323-1755



Autoridad Regulatoria Nuclear

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ARGENTINA
Tel.: (+54) (011) 6323-1770
Fax: (+54) (011) 6323-1771/1798

[http:// www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)
Mail: info@arn.gob.ar