

FUKUSHIMA Y LAGUNA VERDE



¿ QUE PASÓ EN FUKUSHIMA?













- Evento causado por:
 - Magnitud de sismo mayor a las bases de diseño.
 - Inundación causada por Tsunami, fuera de las consideraciones de cálculo.

Para definir el sismo base de diseño se toma en cuenta:

Sismo histórico mayor en la región (320 km al rededor de la Central)

Formaciones geológicas

Distancia del sitio a fallas geológicas activas.

Se migra el sismo a la frontera de la provincia tectónica del sitio

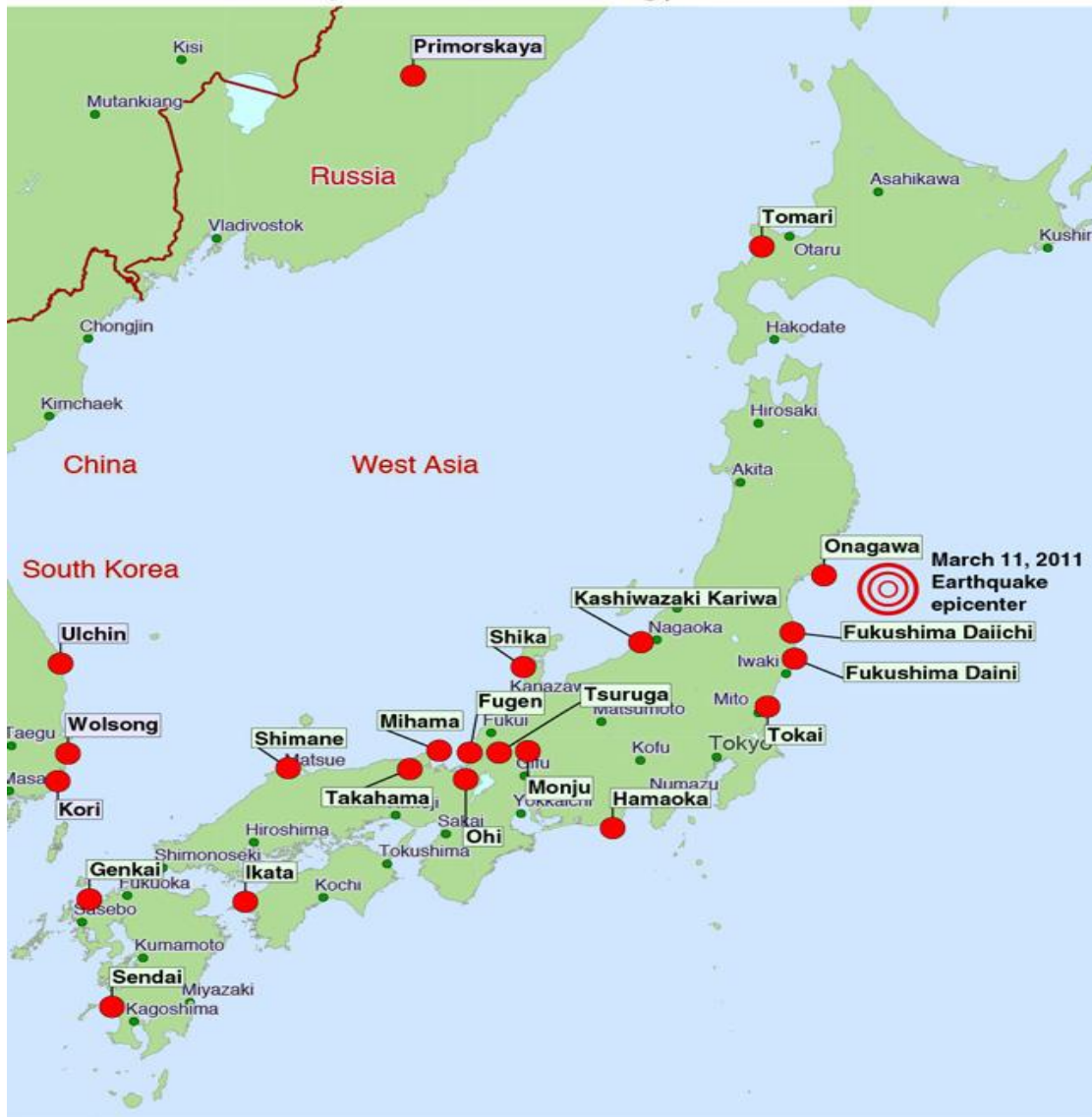
Se define un factor de seguridad adicional

Monitoreo en durante operación

- Se debe contar con equipo de monitoreo y en caso necesario inspeccionar daños e iniciar el paro de la Unidad dependiendo de los mismos.

SISMO DE DISEÑO – FUKUSHIMA DAIICHI

Japan's Nuclear Energy Plants



- Costa este de Japón
- En la cercanía de la zona de subducción conocida como cinturón de fuego.
- Diseño para una aceleración del terreno de 0.6g para el sismo base de diseño.

SISMO DE DISEÑO – FUKUSHIMA DAIICHI



Placas Tectónicas, generadoras de sismos de gran magnitud

- Aceleraciones medidas durante el evento oscilan entre 0.29 y 0.56 g, esta última registrada en la cimentación de la unidad 2.
- Sismógrafos calibrados alcanzan una aceleración de 0.14 g y se activan los sistemas de paro seguro de las plantas.
- Paro de los reactores 1, 2 y 3 que estaban en operación (unidades 4, 5 y 6 estaban paradas por mantenimiento).
- Otros 8 reactores de la zona también iniciaron un paro seguro, esto es, 3 reactores en Onagawa, 4 en Fukushima Daini y 1 en Tokai.
- A continuación se hace una comparación del orden de magnitud del sismo de Japón comparado con otros sismos recientes.

COMPARACIÓN DE SISMOS RECIENTES

INDONESIA, 2004
Magnitud 9.1

aproximadamente **1,413 veces**
mas fuerte que el sismo de Haití

JAPON, 2011
Magnitud 9.0

aproximadamente **1,000 veces**

JAPON, 2011
Magnitud 8.9
(Estimación original)

aproximadamente **708 veces**

CHILE, 2010
Magnitud 8.8

aproximadamente **501 veces**

HAITÍ, 2010
Magnitud 7.0

SOURCE: U.S. GEOLOGICAL SOCIETY

ESCALAS DE MEDICIÓN Y ACELERACIONES DE TERRENO

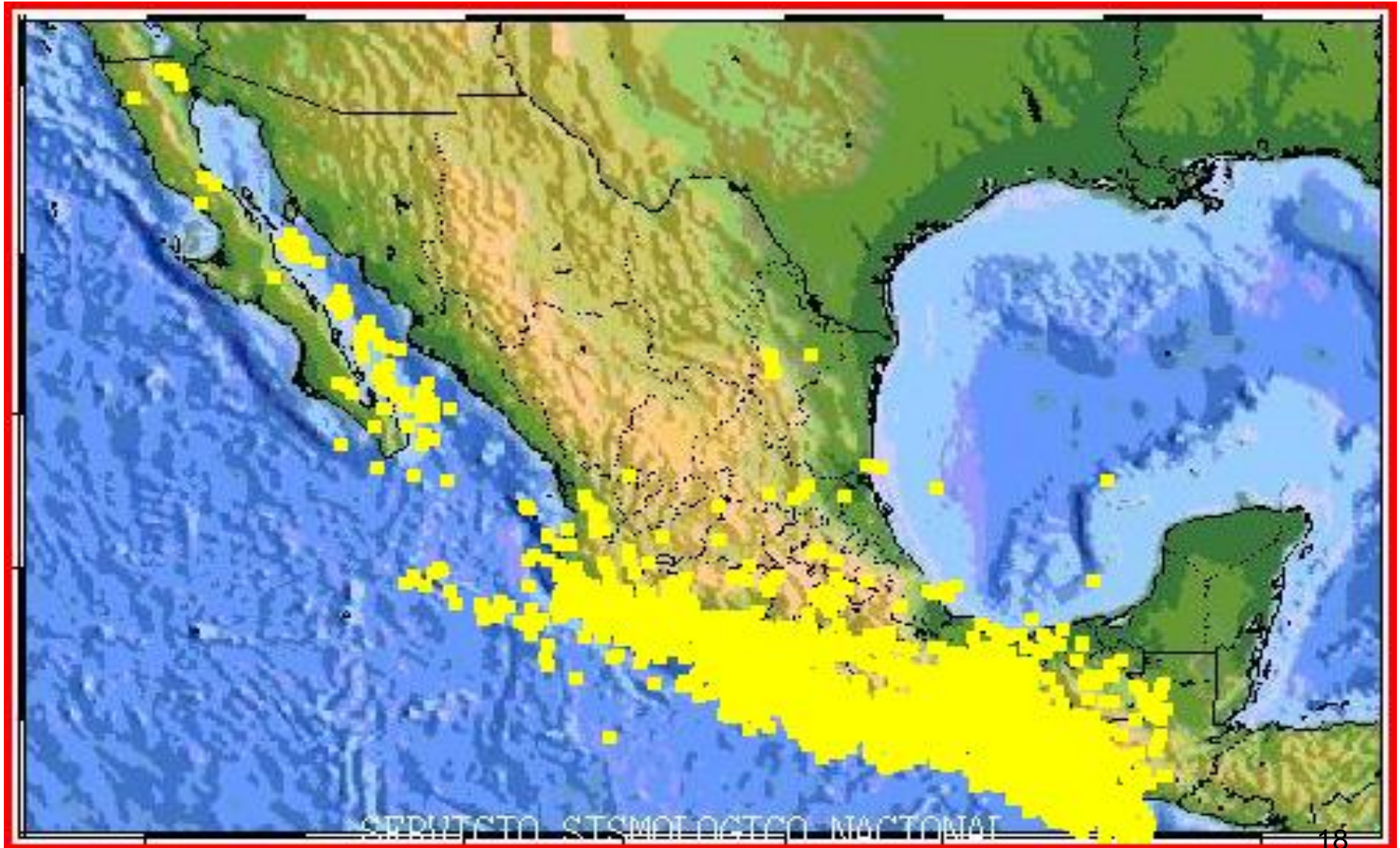
Magnitud en Escala Richter	Intensidad en Escala Mercalli Modificada		Magnitud en aceleración del suelo	
Grados	Intensidad	Efecto visual	Gales cm/s^2	Gravedad g
1 - 2	I	Detectado solo por sismógrafos	< 1	< 0.001
2 - 3	II	Detectado solo por algunas personas	2.5	0.0025
3 - 4	III	Vibraciones parecidas a tráfico pesado		
4	IV	Lo siente la gente caminando; se mueven objetos	10	0.010
4 - 5	V	Se despierta la gente y suenan campanas	25	0.026
5 - 6	VI	Oscilan arboles, algún daño de objetos que caen o se voltean.	50	0.005
6	VII	Alarma general, se presentan grietas en muros.	100	0.102
6 - 7	VIII	Las chimeneas se derrumban y se presentan algunos daños en edificaciones.	250	0.255
7	IX	Se presentan grietas en el suelo, las casas comienzan a colapsarse y los sistemas de tuberías fallan.	250	0.255
7 - 8	X	Agrietamientos severos en el terreno y edificios destruidos. Algunos deslizamientos de tierra.	500	0.510
Mayor a 8	XI	Pocos edificios se mantienen en pie; puentes y vías de tren destruidas; agua, gas, electricidad y teléfonos se pierden.	750	0.765
	XII	Destrucción total; objetos lanzados al aire; vibración y distorsión del terreno.	980	1.000

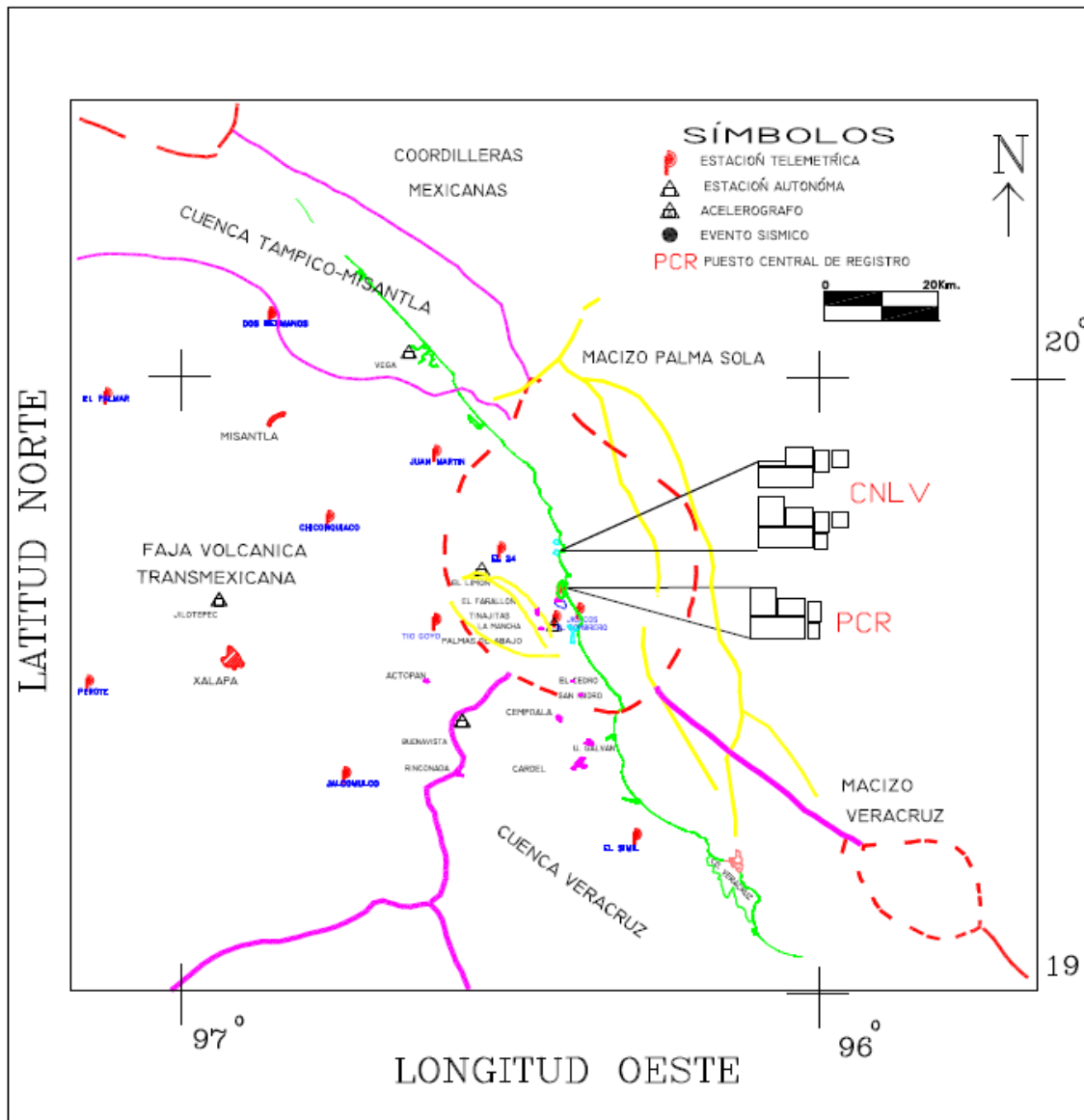
SISMO DE DISEÑO – LAGUNA VERDE

En la costa del Golfo de México



SISMICIDAD EN MÉXICO





Realizado en 1971 con base en sismos históricos y características geológicas de la zona.

Sismos “migrados” de las provincias tectónicas de la región.

Máxima aceleración del terreno de 0.26g. para el sismo base de diseño y 0.14g para el sismo base de operación.

Sismógrafos de monitoreo calibrados a aceleración de 0.01g.

La localización epicentral generada por el sistema Antelope es la siguiente:

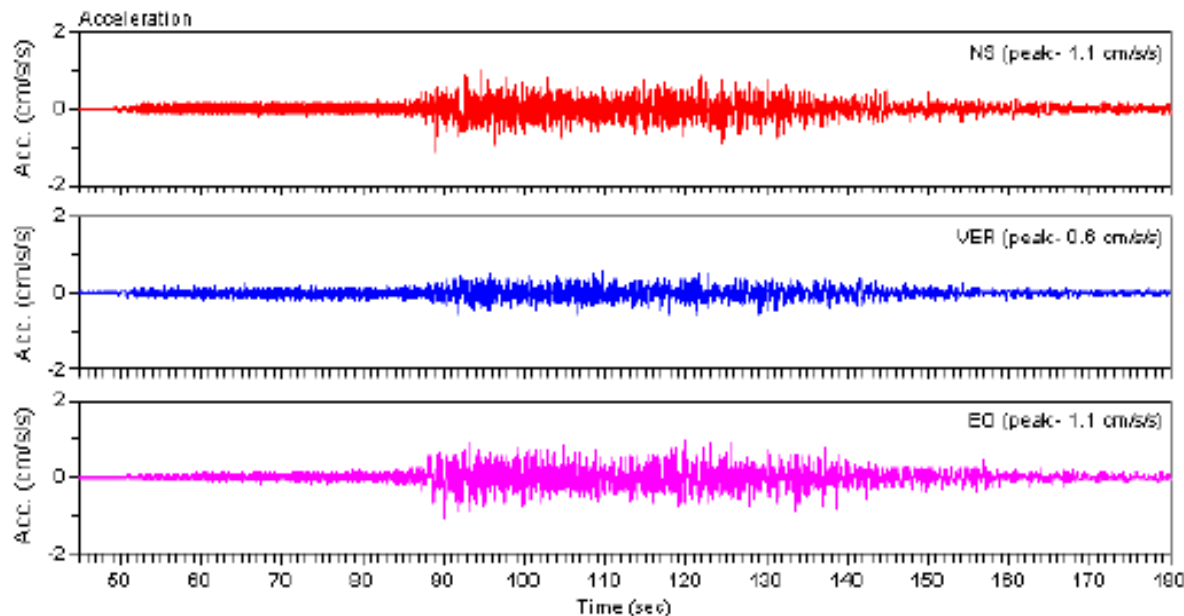
DIA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROF	MAGNITUD
07-ABRIL-2011	08:12	17.40	-93.9	160	6.5

VALORES DE ACELERACIÓN EN G'S Y DISTANCIA EPICENTRAL EN Km.
TIEMPO EN TMG. (ACELEROGRAFO EN CAMPO LIBRE CNLV.)

FECHA(HORA)	E-W	N-S	VER	DIST. CNLV
110407(13:12)	-0.00111166	-0.00113566	-0.0006062	307.48

PARA EL ACELEROGRAMA LOS VALORES DE ACELERACION EN GALES.

EST. METEOROLOGICA SISMO DEL 07 DE ABRIL 2011 13:12 TMG(08:12 T.L.). DIST. EPICENTRAL DE LA CNLV. 307.48 Km.



- Acelerogramas del sismo del 7 de abril de 2011 con epicentro en las Choapas, Ver.

- Aceleraciones medidas del orden de **0.001g**.

Por regulación:

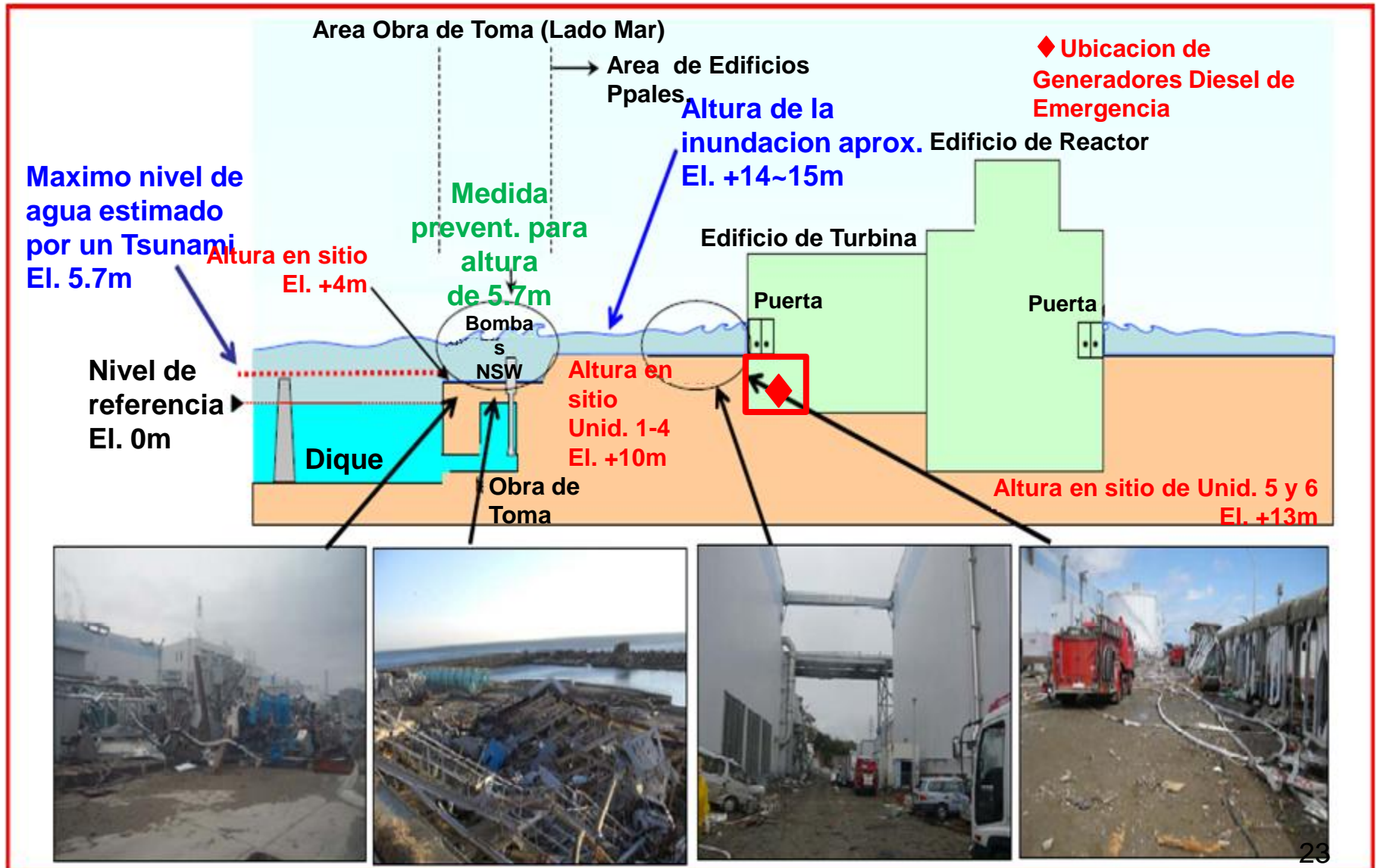
- Diseño que prevenga volúmenes de agua que comprometan la operatividad de la planta.
- Es necesario considerar la hidrología y meteorología de la región incluyendo ríos, arroyos, lagunas, esteros, acuíferos, niveles de agua subterránea, espesores de mantos, coeficientes de almacenamiento y lluvias.
- Dentro del sistema oceanográfico se deben considerar tormentas, huracanes y tsunamis.
- Según se requiera, estructuras de protección para oleaje (escolleras).



CASO FUKUSHIMA

- CONDICION DE INUNDACION ASOCIADA A UN TSUNAMI POR CERCANIA A LA ZONA DE SUBDUCCION.
- TSUNAMI DE DISEÑO DE 5.7M

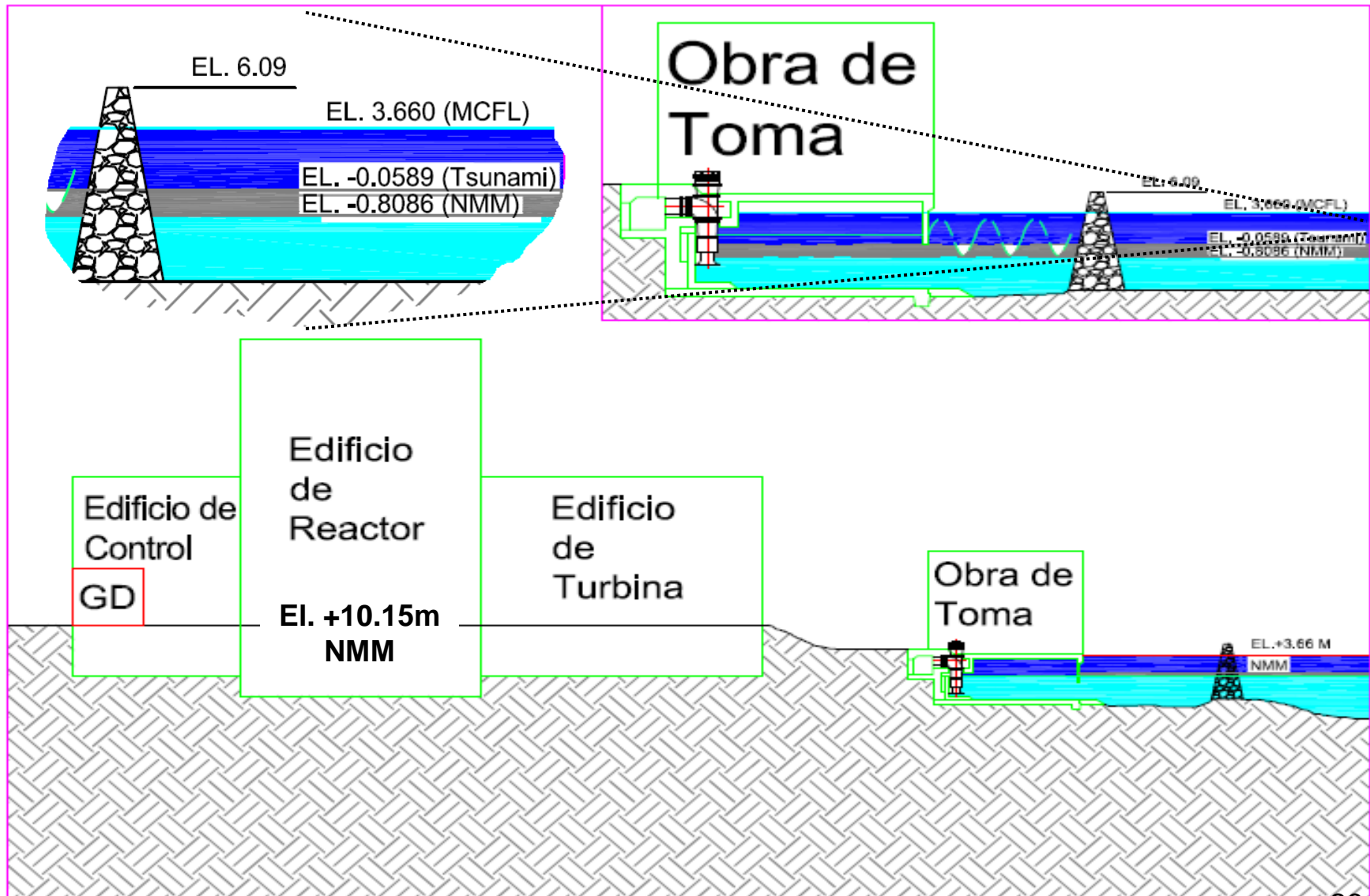
INUNDACIÓN DE DISEÑO – FUKUSHIMA DAIICHI

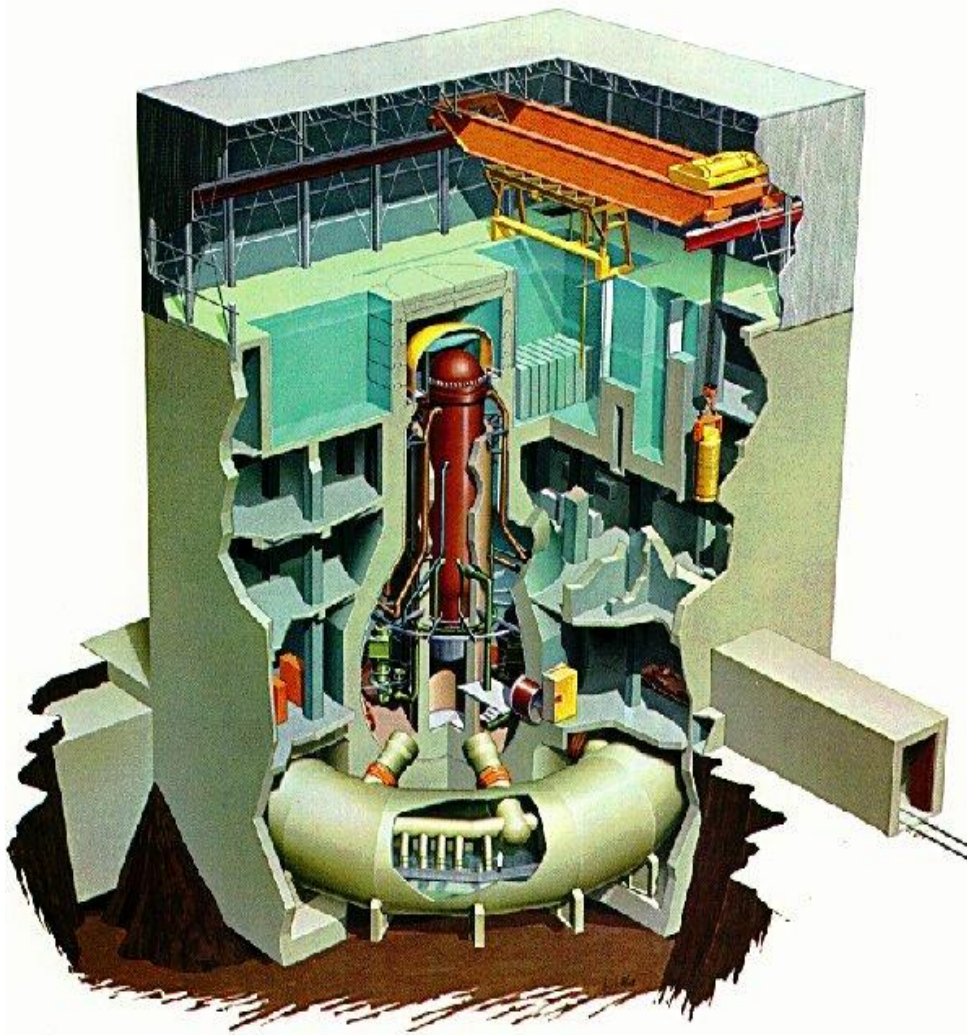


- SE CONSIDERAN DOS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS : TSUNAMI Y HURACAN.
- EN EL CASO DE LAGUNA VERDE, NO SE IDENTIFICA UN MECANISMO TECTÓNICO DE FALLA EN LA ZONA QUE PUDIERA GENERAR UN TSUNAMI.
- SE POSTULÓ UN TSUNAMI DE ORIGEN VOLCÁNICO DE MAGNITUD 1 CONSIDERANDO UN SISMO DE 6.5 GRADOS RICHTER EN EL GOLFO DE MÉXICO. SU ALTURA SERIA DE 0.75M.

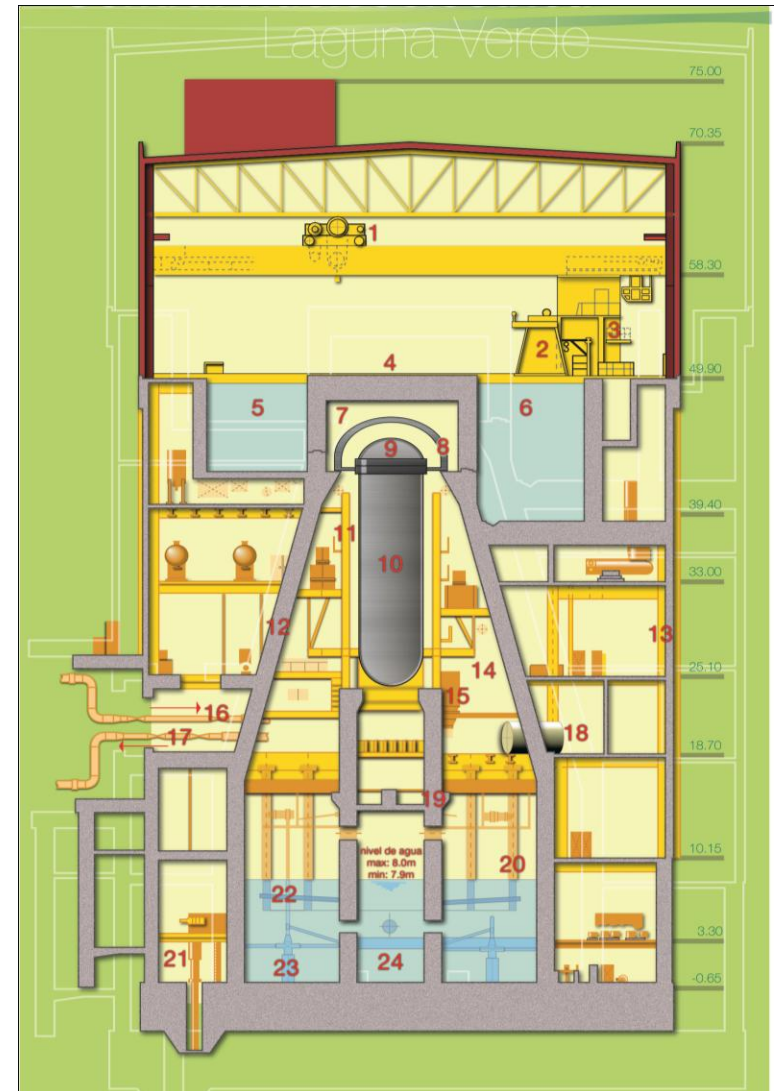
- TSUNAMI MÁXIMO PROBABLE EN EL SITIO DE 0.75M.
- HURACÁN MÁXIMO PROBABLE CON VIENTO SOSTENIDO DE 276.74 KM/HR, Y RÁFAGAS DE 304 KM/HR. FORMACIÓN DE OLEAJE CON UN NIVEL DE 6.068M SOBRE EL NIVEL DEL MAR FUERA DE LAS ESCOLLERAS DE PROTECCIÓN.
- ESTE OLEAJE REPRESENTARÍA AL INTERIOR DE LA DARSENA UNA ELEVACION DE 2.00M POR ENCIMA DEL MAXIMO NIVEL REGISTRADO.







MARK I



MARK II

Las Unidades 1 a 4 de Fukushima Daiichi cuentan con Tipo de Contención MARK I. Las Unidades 1 y 2 de Laguna Verde tienen una Contención Mark II.

- Bajo condiciones de operación normal la presión en este tipo de contenciones es cercana a la presión atmosférica.
- El Edificio de Reactor que envuelve a la Contención Primaria se mantiene normalmente a presiones subatmosféricas para evitar la liberación de radioactividad al medio ambiente.
- Las estructuras de estos edificios están diseñadas para soportar el Sismo Base de Diseño y otros fenómenos naturales.
- La función principal de la Contención Primaria es evitar la liberación de productos de fisión bajo condiciones de operación normal y accidente.

CARACTERÍSTICAS GENERALES FUKUSHIMA DAIICHI Y CLV

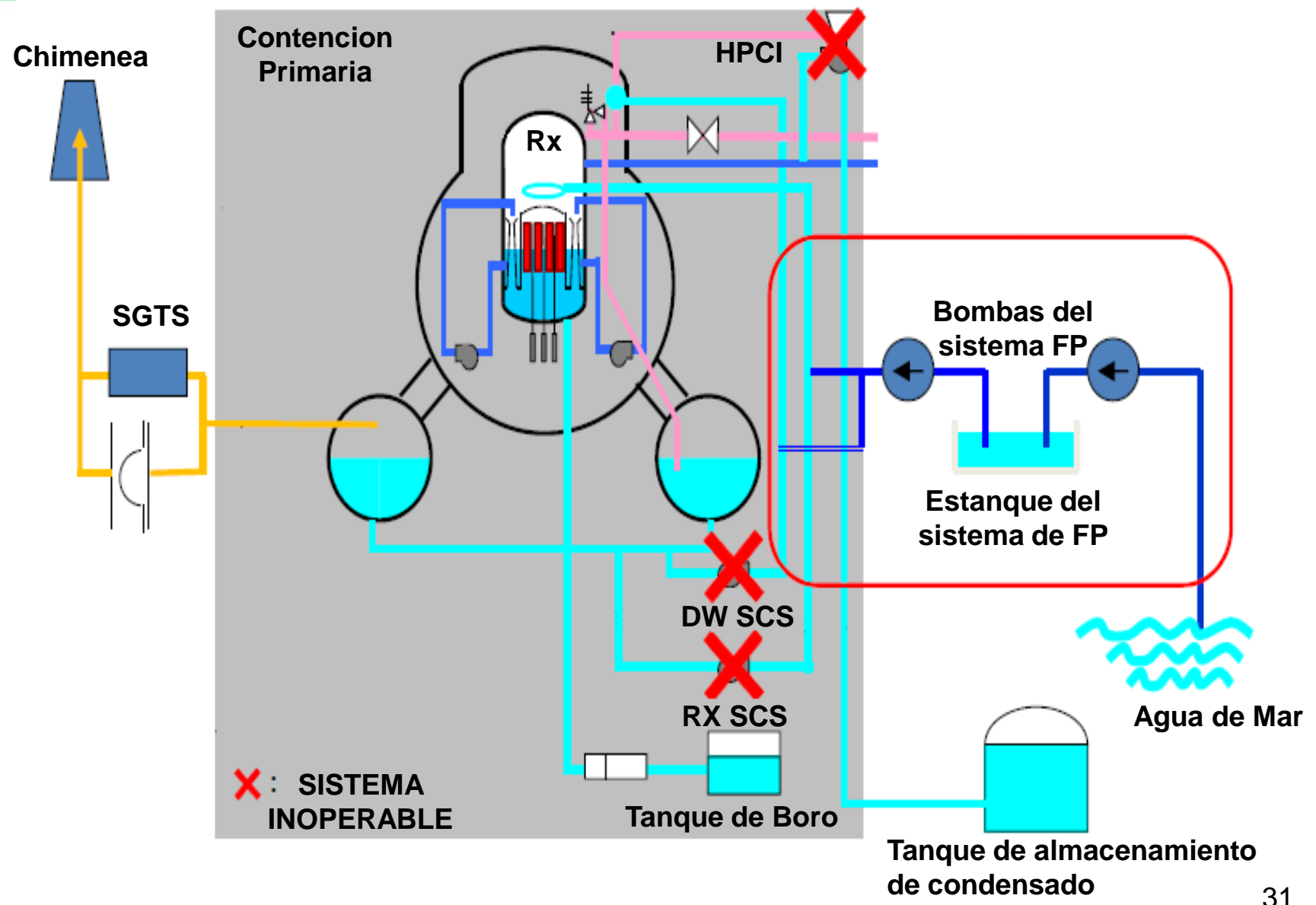
Parámetro	Fukushima I						Laguna Verde
	1	2	3	4	5	6	
Unidad	1	2	3	4	5	6	1/2
Tecnología	BWR-3	BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-4	BWR-5	BWR-5
Tipo de Conteción	MARK I	MARK I	MARK I	MARK I	MARK I	MARK II	MARK II
Potencia Eléctrica (MWe)	460	784	784	784	784	1100	817
Presión Max. RPV (psi)	1,195	1,195	1,195	1,195	1,250	1,250	1,250
Temp. Max. RPV (°C)	300	300	300	300	302	302	302
Presión Max. Contencion Primaria (psi)	62.37	55.11	55.11	55.11	55.11	40.61	52
Temp. Max. Contencion Primaria (°C)	140	140	140	140	138	171	171
Año de inicio de Operación Comercial	1971	1974	1976	1978	1978	1979	1990/1995
# Generadores Diesel de Emergencia	2	2	2	2	2	3	3 29

En caso de accidentes postulados que involucren un incremento de presión en la Contención Primaria, o la pérdida de refrigerante en la Vasija de Presión del Reactor, o ambos, la combinación del diseño de la Contención Primaria y de los Sistemas de Emergencia llevarán a cabo sus funciones para mitigar dichos eventos.

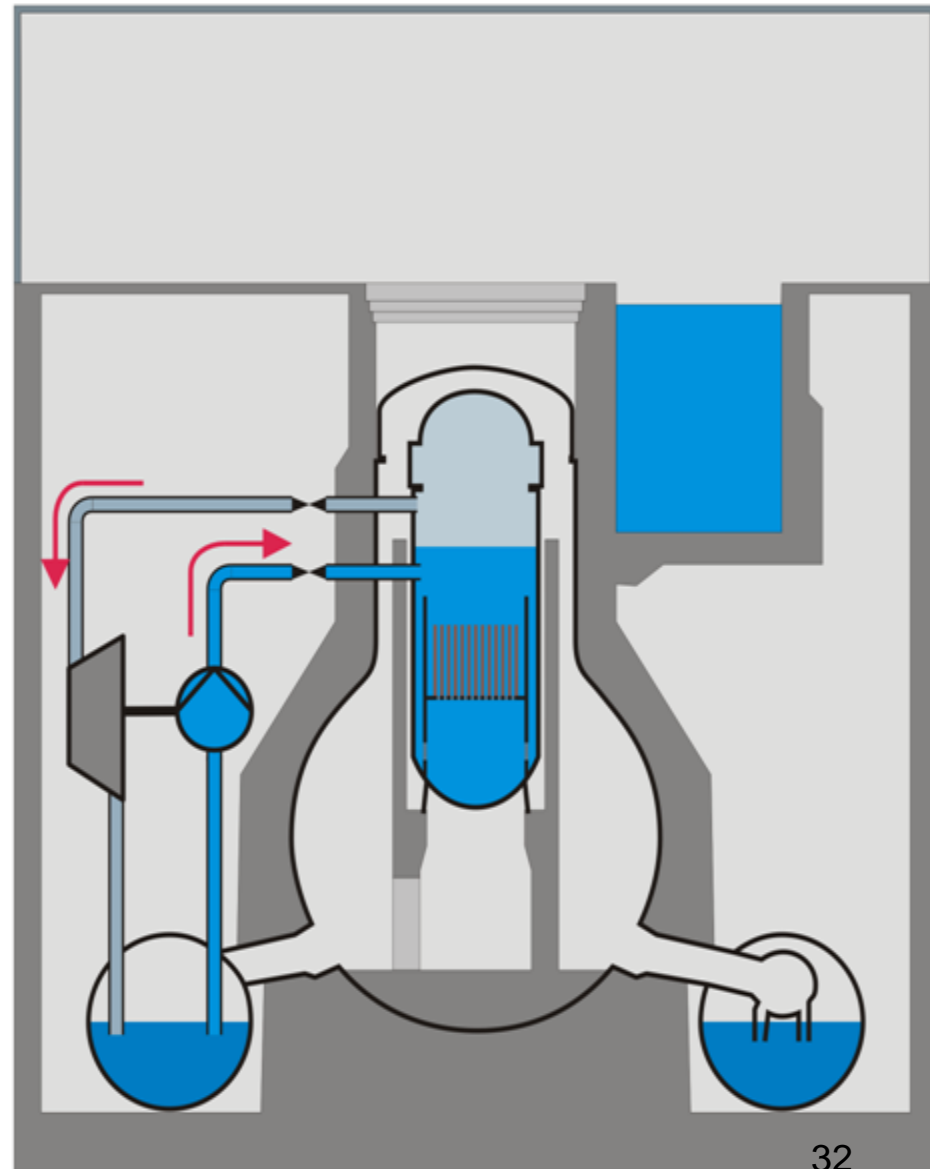
La Contención Primaria está diseñada de tal manera que el exceso de vapor en la parte superior se condense en la Alberca de Supresión localizada en la parte inferior, reduciendo así la presión interna. Para tal fin, se dispone de interconexiones entre ambas secciones de la Contención Primaria.

Bajo estas condiciones, los Sistemas de Emergencia tienen la función de reponer el inventario de refrigerante (agua) al interior de la Vasija de Presión del Reactor, y mantener al núcleo del reactor enfriado. Lo anterior se logra mediante una combinación de bombas e intercambiadores de calor que succionan agua de la misma alberca de supresión o de tanques externos.

SISTEMAS DE EMERGENCIA EN FUKUSHIMA



- Sistema de enfriamiento del núcleo con el reactor aislado (**RCIC**):
 - El vapor generado por el **calor de decaimiento** acciona la turbina de la bomba.
 - El vapor de escape de la turbina se condensa en la alberca de supresión.
 - El agua de la alberca es inyectada a la Vasija de Presión del Reactor.
 - El RCIC requiere:
 - Potencia eléctrica del banco de baterías
 - Mantener la temperatura de la alberca de supresión menor a 100°C.
- Al no existir remoción de calor, el sistema RCIC no puede estar en servicio por períodos de tiempo largos.



Dependiendo del avance tecnológico, los diferentes modelos de BWR's, han sido equipados con bombas de emergencia de alta presión, bombas de emergencia de baja presión y válvulas de alivio.

Estas bombas se asocian a dos o tres divisiones eléctricas, las cuales están separadas tanto física como eléctricamente.

Normalmente estas bombas son energizadas por los servicios propios de la Central. Sin embargo, ante una falla de la alimentación eléctrica normal, los Generadores Diesel de Emergencia suministran la energía requerida a estas bombas.

Una división de estas bombas es suficiente para mantener el inventario de refrigerante en la Vasija de Presión del Reactor y a la Contención Primaria, bajo condiciones estables de presión y temperatura.

UNIDAD 1

Día	Hora	Evento
Marzo 11	14:46	Sismo ocasionando pérdida de Energía de CA Externa
	15:41	Tsunami
	15:42	Pérdida de Energía de CA Interna (Generadores Diesel)
	16:36	Falla en los Sistemas de Enfriamiento de Emergencia del Núcleo
	21:03	Se da orden de evacuación en un radio de 3km
Marzo 12	10:17	Se inicia el venteo de la Contención Primaria
	15:36	Se presenta explosión en el nivel superior del Edificio del Reactor
	20:20	Se inicia la inyección de agua de mar a la Vasija de Presión del Reactor
Marzo 25	15:37	Se sustituye la inyección de agua de mar por agua dulce

Nota: En base a la información presentada se estima que el núcleo del reactor estuvo alrededor de **28 horas sin refrigerante**.

UNIDAD 2

Día	Hora	Evento
Marzo 11	14:46	Sismo (pérdida de energía de CA exterior)
	15:41	Tsunami
	15:42	Pérdida de energía de CA interna (Generadores Diesel)
Marzo 13	11:00	Se inicia el venteo de la Contención Primaria
Marzo 14	10:30	Se presenta falla del sistema RCIC
	16:34	Inicia inyección de agua a la Vasija de Presión del Reactor
Marzo 15	06:14	Se presume falla en la Contención Primaria, debido a un ruido de explosión en el área del toroide

Notas:

- El venteo de la Contención Primaria fue realizado con la apertura previa de un panel de ruptura del Edificio de Reactor, lo que evitó la acumulación de hidrógeno en la parte superior del Edificio del Reactor.
- Al día de hoy no se confirmó con precisión el lugar exacto de la supuesta falla del toroide.
- En base a la información disponible se estima que el núcleo del reactor estuvo alrededor de **6 horas sin refrigerante**.

UNIDAD 3

Día	Hora	Evento
Marzo 11	14:46	Sismo (pérdida de energía de CA exterior)
	15:41	Tsunami
	15:42	Pérdida de energía de CA interna (Generadores Diesel)
Marzo 12	11:00	Se presenta falla del RCIC
	20:41	Se inicia venteo de la Contención Primaria
Marzo 13	05:10	Pérdida de Sistemas de Enfriamiento de Emergencia del Núcleo del Reactor (i.e. HPCI)
	09:20	Se realiza un nuevo venteo de la Contención Primaria
	11:55	Se inicia inyección de agua dulce a la Vasija de Presión del Reactor
	13:12	Se reemplaza la inyección de agua dulce por agua de mar
Marzo 14	05:20	Se realiza un nuevo venteo de la Contención Primaria
	11:01	Se presenta explosión en el nivel superior del Edificio el Reactor
Marzo 16	10:45	Se inicia la evacuación del Cuarto de Control, durante 45 minutos, por emisiones de humo y vapor de la Unidad 3

Nota: En base a la información presentada se estima que el núcleo del reactor estuvo alrededor de **7 horas sin refrigerante**.

UNIDAD 4

Día	Hora	Evento
Marzo 15	06:00	Se presenta explosión en el nivel superior del Edificio el Reactor
	22:00	Se inicia inyección de agua de mar, mediante bombas de concreto.

Notas:

- A ciencia cierta todavía no se logra confirmar a que se debió la disminución del nivel de la Alberca de Combustible Gastado, así como la generación de hidrógeno causante de la explosión en la parte superior del edificio del reactor de esta unidad.
- La inyección de agua de repuesto en la Alberca de Combustible Gastado ha sido constante.