



# Jornada Técnica SEPREM SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

Madrid, 21 de Mayo de 2019

## Proyecto Hidroeléctrico Site C (BC, Canadá) Túneles del desvío de río

Julián Cid Lozano  
Jefe Unidad de Obras Hidráulicas.  
ACCIONA Ingeniería.



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río



1. Introducción
2. Caudales de desvío
3. Fases de desvío
4. Descripción del desvío de río
5. Orificios internos y equipos electromecánicos
6. Cierre de desvío y esquema de llenado

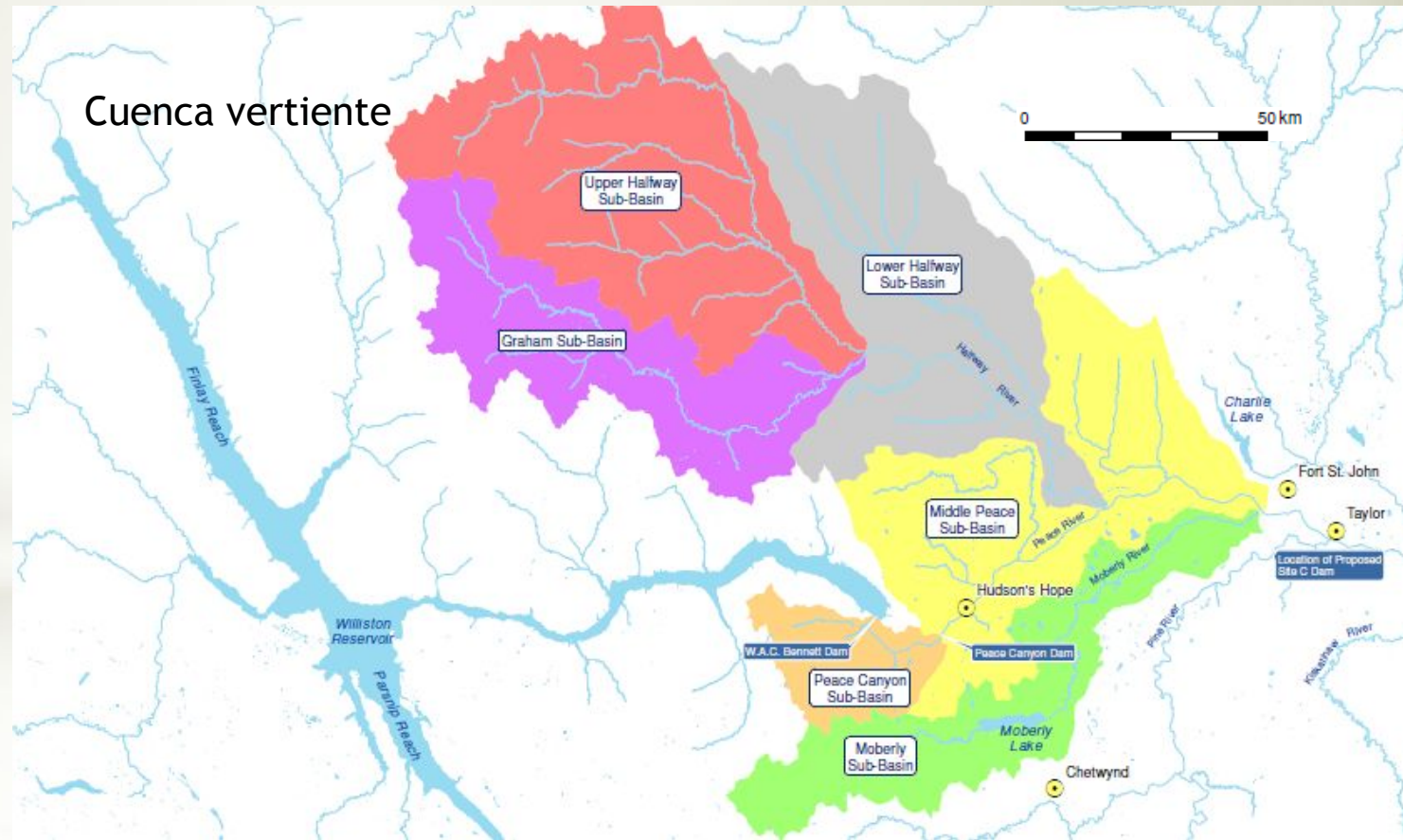


# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 1. Introducción

- Cuenca no regulada de 14.378 km<sup>2</sup>.
- Cuenca regulada por la presa Bennett.
- La presa Bennett creó el mayor lago de BC con más de 1.700 km<sup>2</sup> de extensión.
- El desvío de río es para la ejecución de la presa principal, materiales sueltos heterogénea, se adopta la avenida de 50 años de periodo de retorno.
- Diseño de desvío condicionado por duración de las obras (7 años).



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 2. Caudales de desvío

- Caudales de Avenida
- Influencia de la Distancia a presa Bennett
- Caudales adoptados

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 2. Caudales de desvío

#### ➤ Caudales de Avenida

Cuencas Vertientes:

	Sub basin	Drainage area (km <sup>2</sup> )	Cumulative area (km <sup>2</sup> )
<b>Williston Basin</b>			
	Finlay	33,967	33,967
	Nation/Pak	10,402	44,369
	Parsnip	4,800	49,169
	Williston Local	22,887	72,056
	<b>Total Williston basin</b>		<b>72,056</b>
<b>Site C Local</b>			
	Upper Halfway above Graham	3,774	3,774
	Graham above Colt Creek	2,360	6,134
	Lower Halfway near Farrell	3,338	9,472
	Moberly near Fort St. John	1,813	11,285
	Middle Peace (including PCN)	3,779	15,064
	<b>Total Site C local basin</b>		<b>15,064</b>
	<b>Total Peace River at Site C</b>		<b>87,120</b>

Caudales medios:

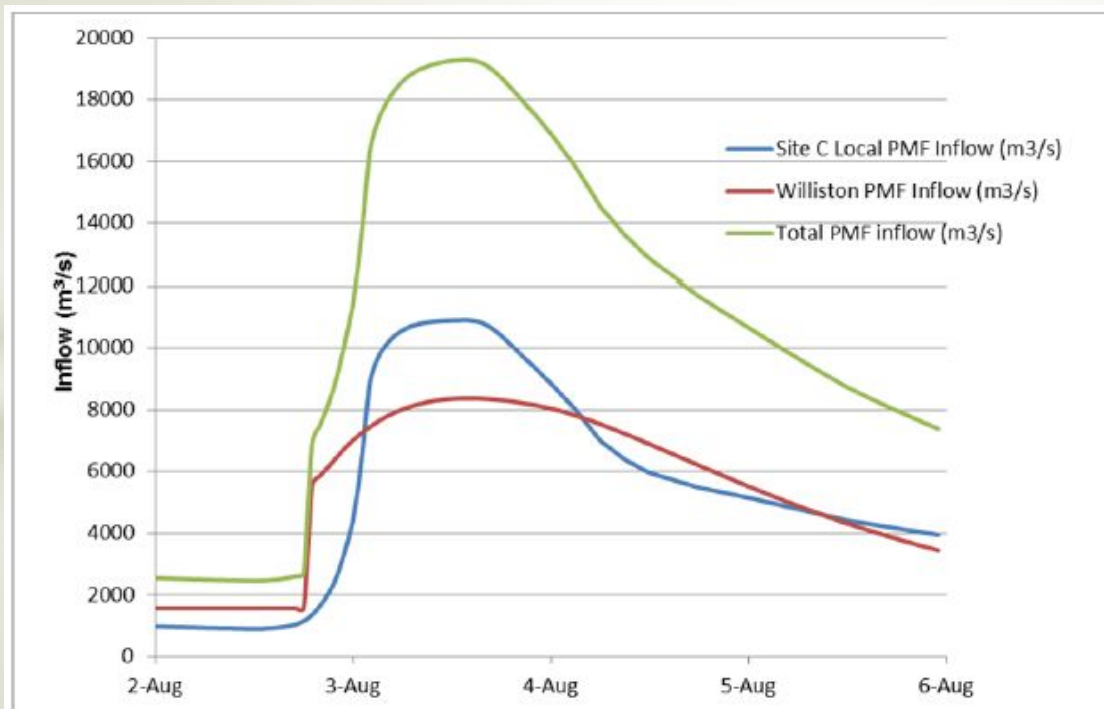
General Location	PCN	Local Inflow between PCN and Site C	Site C
<b>Data Source</b>	Peace River at Hudson's Hope, WSC <sup>1</sup> Gauge 07EF001	<b>Difference in WSC Gauge Readings</b>	Peace River above Pine River, WSC Gauge 07FA004
<b>Years of Record</b>	<b>1980 to 2011<sup>2</sup></b>	<b>1980 to 2011<sup>2</sup></b>	<b>1980 to 2011<sup>2</sup></b>
Jan	1419	38	1457
Feb	1398	42	1440
Mar	1313	22	1335
Apr	1189	72	1261
May	837	207	1044
Jun	691	335	1026
Jul	1006	224	1230
Aug	926	107	1033
Sep	1039	73	1112
Oct	1174	63	1237
Nov	1382	42	1424
Dec	1554	45	1599
Annual	1155	115	1270

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 2. Caudales de desvío

#### ➤ Caudales de Avenida



Avenida máxima considerando la PMF y la regulación de la presa Benett.

La precipitaciones máximas serían en agosto.

La punta es de 19.300 m<sup>3</sup>/s.

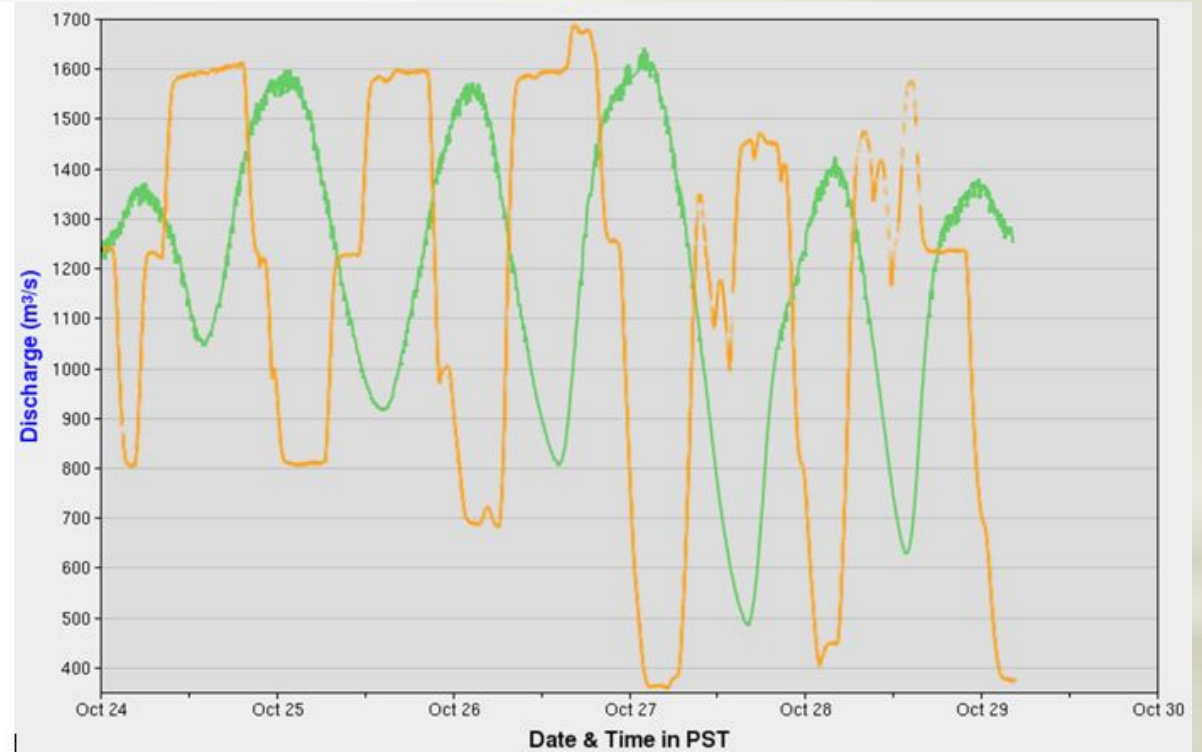


# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 2. Caudales de desvío

- Influencia de la Distancia a presa Bennett



Flows-24-29/10/2016

Flows-At-Fort-St-John

Flows-At-Hudson's-Hope

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 2. Caudales de desvío

#### ➤ Caudales adoptados

Tabla de caudales máximos de la cuenca local en Site C. Válida para el caudal de desvío de río.

Return Period (year)	Results from Table 2.3 Mean Daily Flow Estimate for Gauged Site C Basin (m <sup>3</sup> /s)	Final Results	
		Peak 24 Hour Mean Flow Estimate for Site C Local Basin (m <sup>3</sup> /s)	Hourly Peak Flow Estimate for Site C Local Basin (m <sup>3</sup> /s)
2	760	779	841
5	1267	1314	1419
10	1695	1777	1919
20	2182	2506	2706
50	2942	3168	3422
100	3620	3946	4261
200	4403	4856	5245



↓  
Caudal de diseño máximo desvío de río (T=50 años) ~3.000 m<sup>3</sup>/s

Para el diseño de aliviaderos y desagües de fondo:

- Como se ha comentado, caudal punta de 19.300 m<sup>3</sup>/s, que deben desaguar sin superar el nivel de 466,3 m.
- Como caudal de avenida máxima de Proyecto se adopta 10.100 m<sup>3</sup>/s, que deben desaguar sin superar el máximo nivel normal que es de 461,8 m.
- Como caudal de avenida de diseño del aliviadero se adopta 10.800 m<sup>3</sup>/s, que deben desaguar sin superar el máximo nivel normal que es de 461,8 m.



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

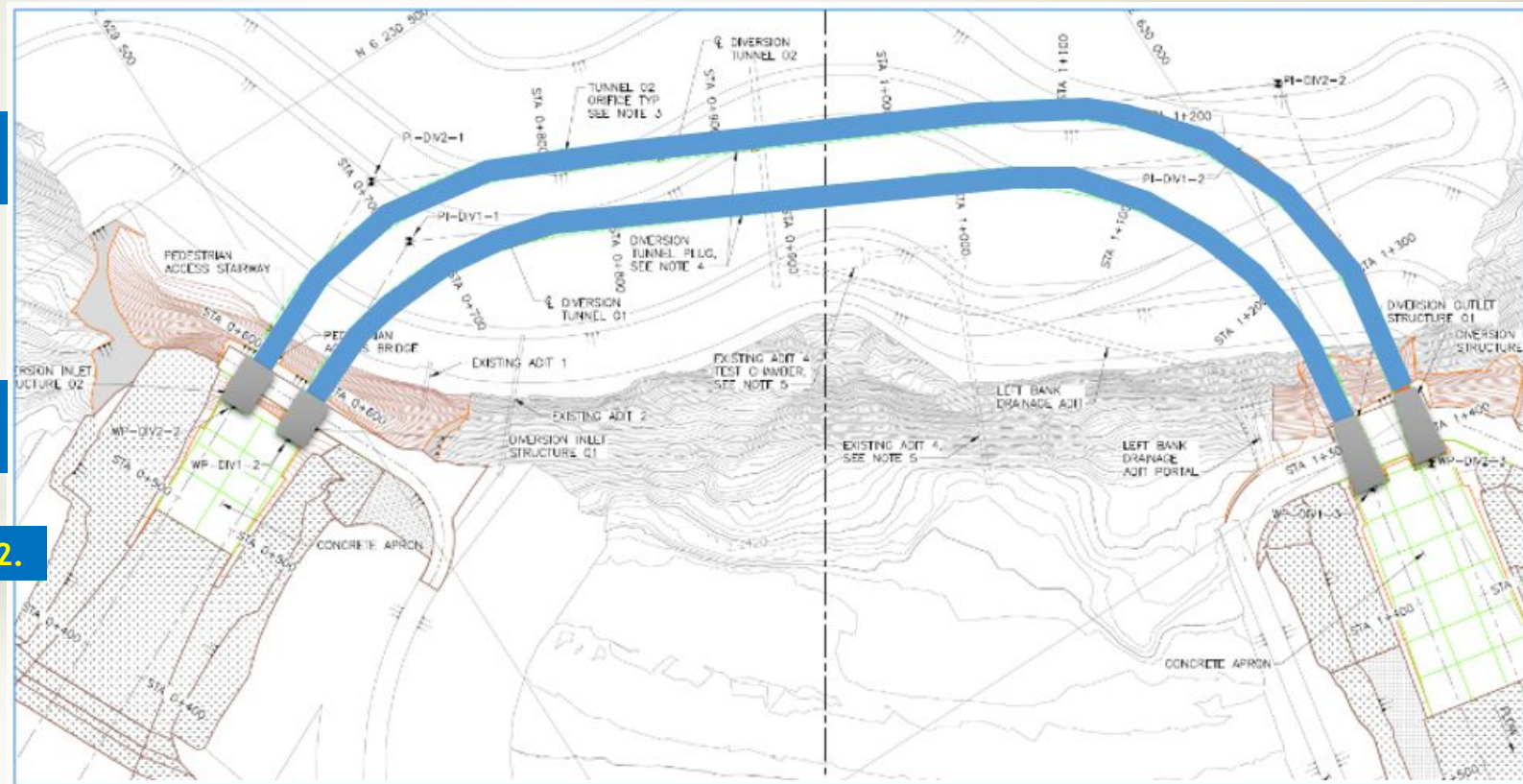
### 3. Fases de desvío

Fase 1.- Ejecución fase 1 de ataguías.

Fase 2.- Ejecución túneles.

Fase 3.- Puesta en servicio del desvío.

Fase 4.- Ejecución ataguías en fase 2.



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

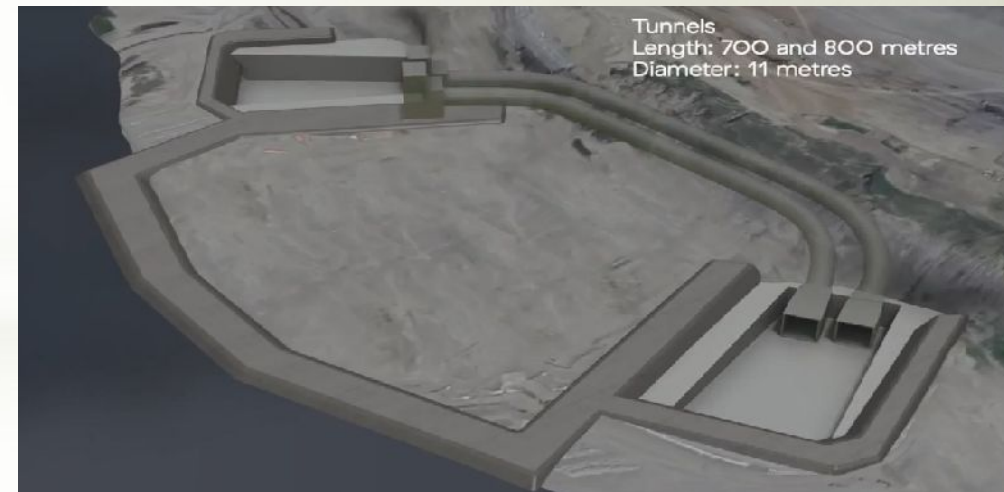
## Túneles de desvío de río

### 3. Fases de desvío

Fase 1.- Ejecución fase 1 de ataguías. Excavaciones y Presa RCC.



Fase 2.- Ejecución túneles.

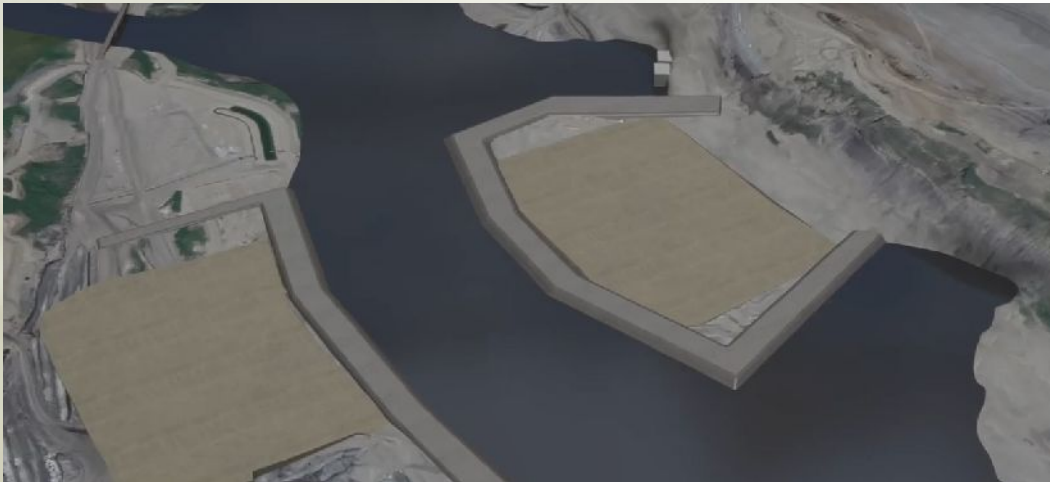


## SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

### Túneles de desvío de río

#### 3. Fases de desvío

Fase 3.- Puesta en servicio del desvío.  
Inicio excavaciones Presa Principal.



Fase 4.- Ejecución ataguías en fase 2.  
Excavación presa principal. Ejecución ataguía y contraataguía.  
Ejecución presa principal.





# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 3. Fases de desvío



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

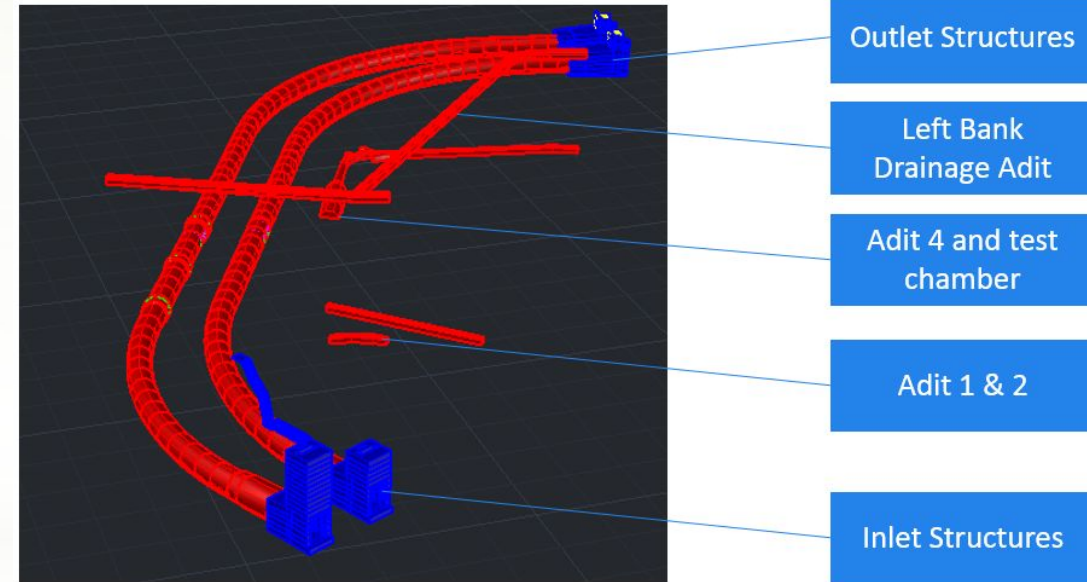
### 4. Descripción del desvío de río



Sección tipo ataguía fase 1



Sección tipo ataguía fase 2

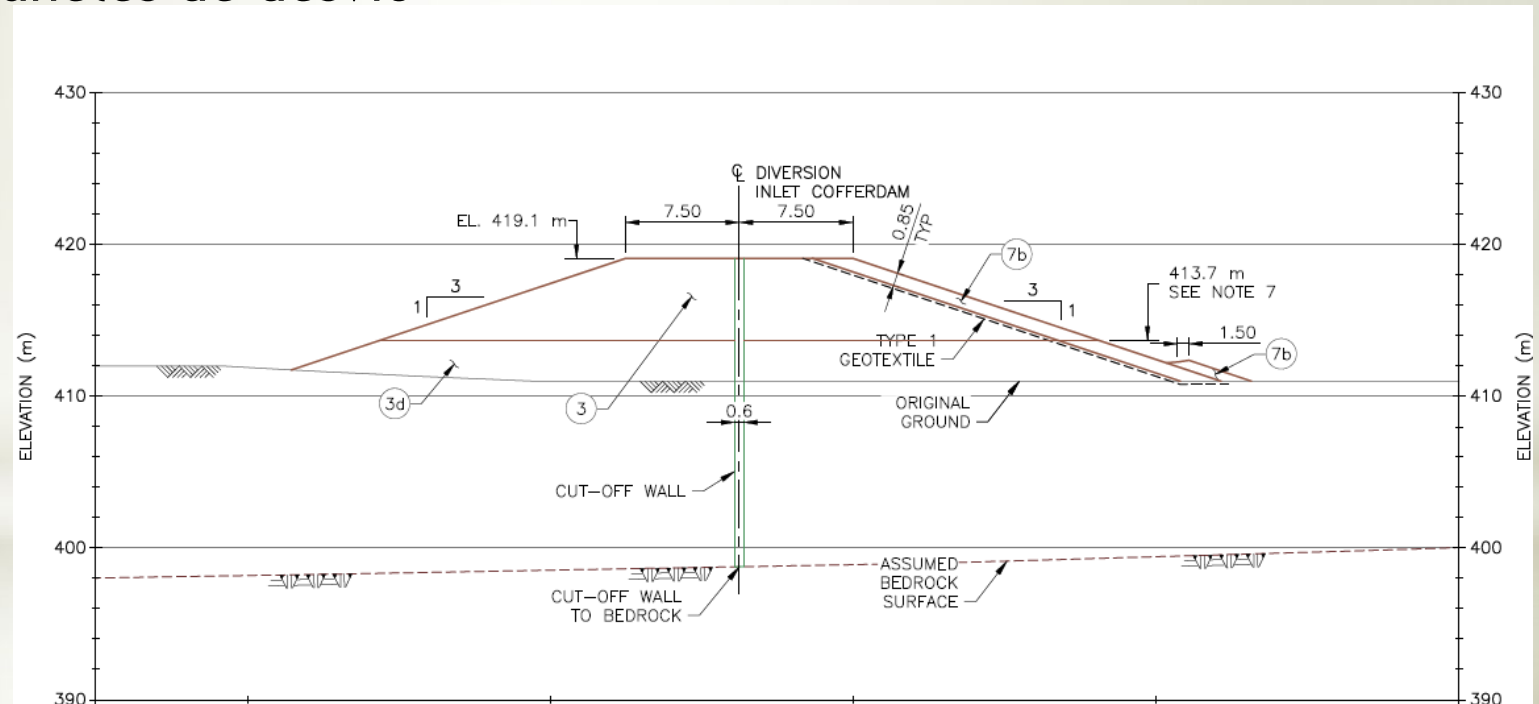


# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 4. Descripción de los Túneles de desvío

Sección tipo ataguía fase 1





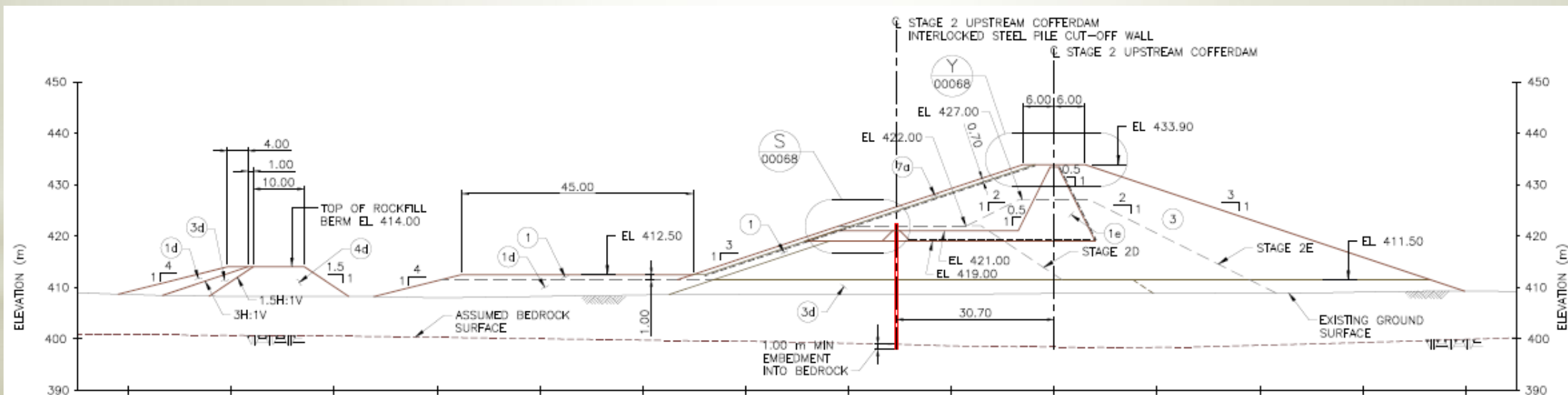


# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 4. Descripción de los Túneles de desvío

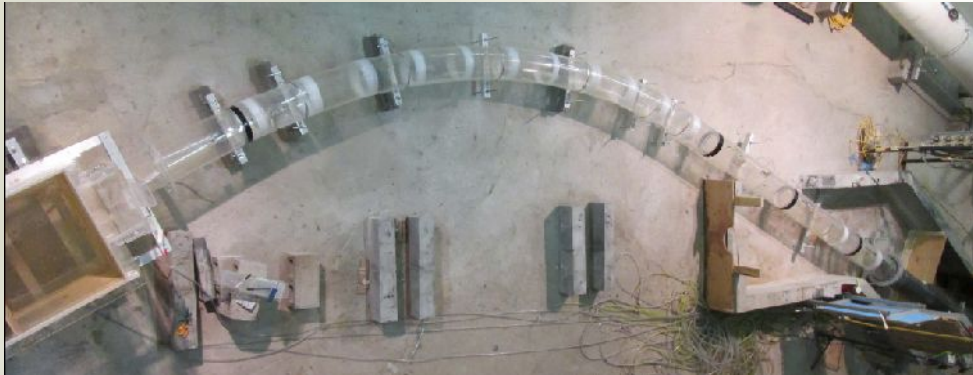
Sección tipo ataguía fase 2



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 5. Orificios internos y equipos electromecánicos



#### Modelo Hidráulico del desvío de río.

- Desarrollado en el laboratorio de la Universidad de la Lasalle en Montreal en Montreal.
- Se tantearon resaltos hidráulicos tradicionales y anillos concéntricos.
- Escala del modelo 1/22,7.

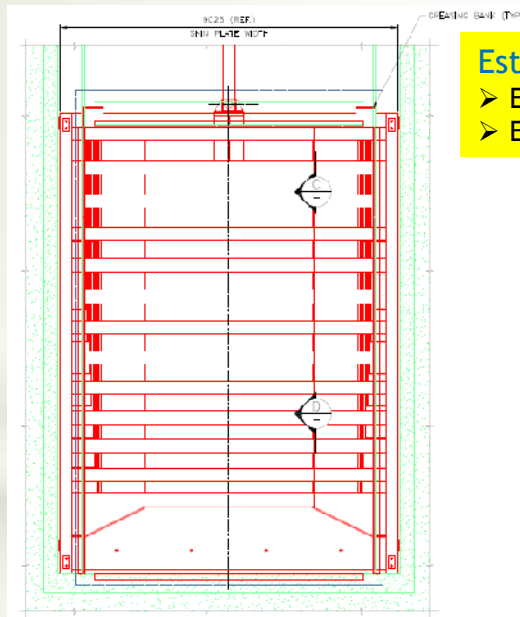
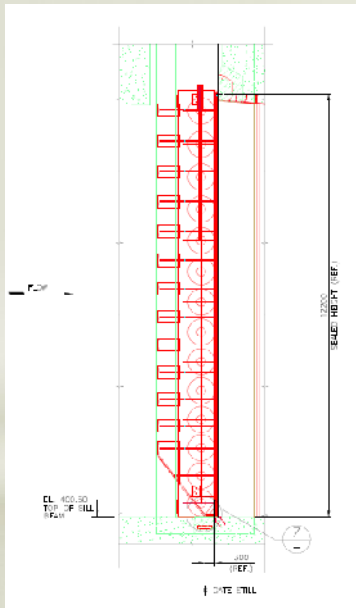




# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

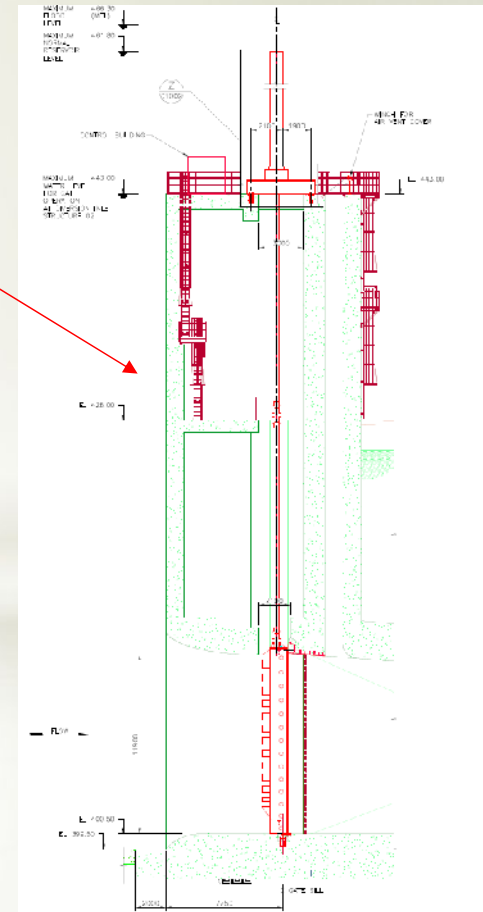
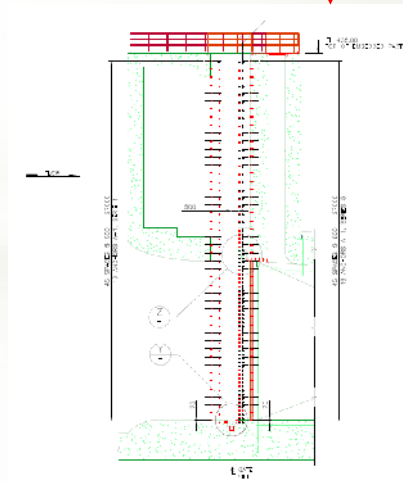
## Túneles de desvío de río

### 5. Orificios internos y equipos electromecánicos



#### Estructuras de cierre del desvío

- Estructura de cierre TUNEL 2.
- Estructura de cierre TUNEL 1.



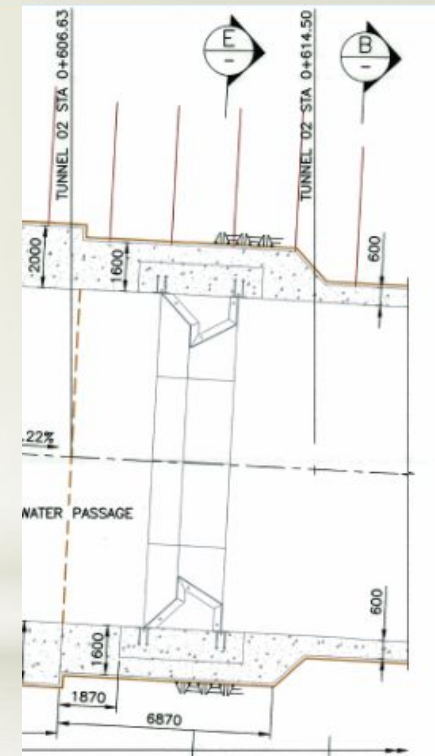
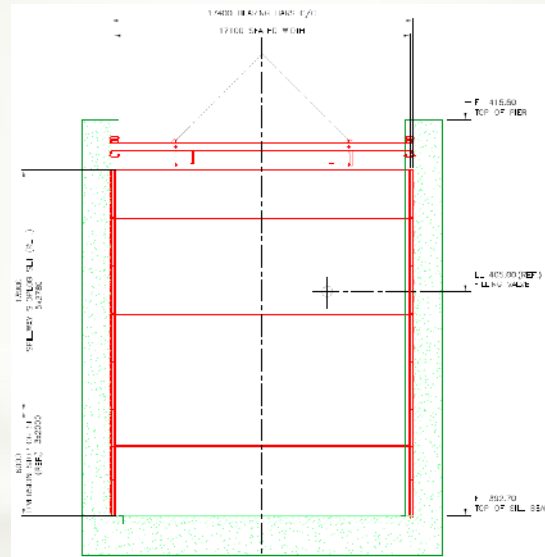
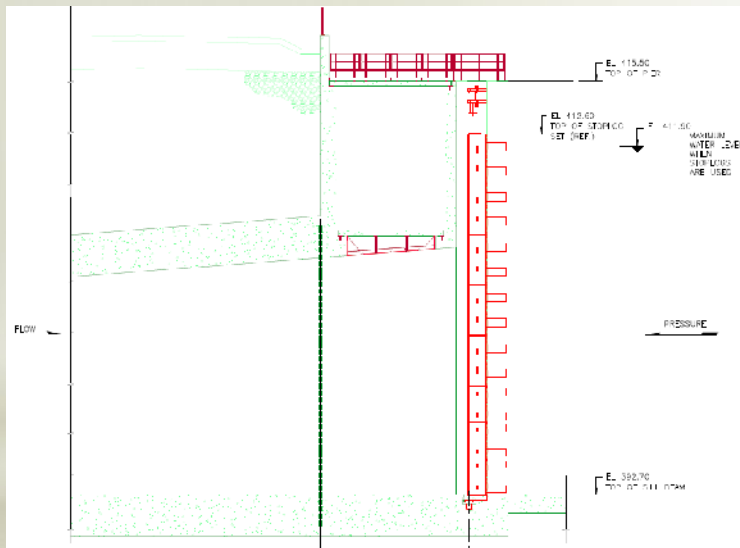
#### Compuertas vagón cierre del desvío

- Dimensiones de 12 m de alto por 9 de ancho.
- Diseñadas para el cierre con caudal fluyendo.
- Cierre por fases para transformación de los túneles.

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 5. Orificios internos y equipos electromecánicos



#### Ataguías cierre túneles de desvío 1 y 2

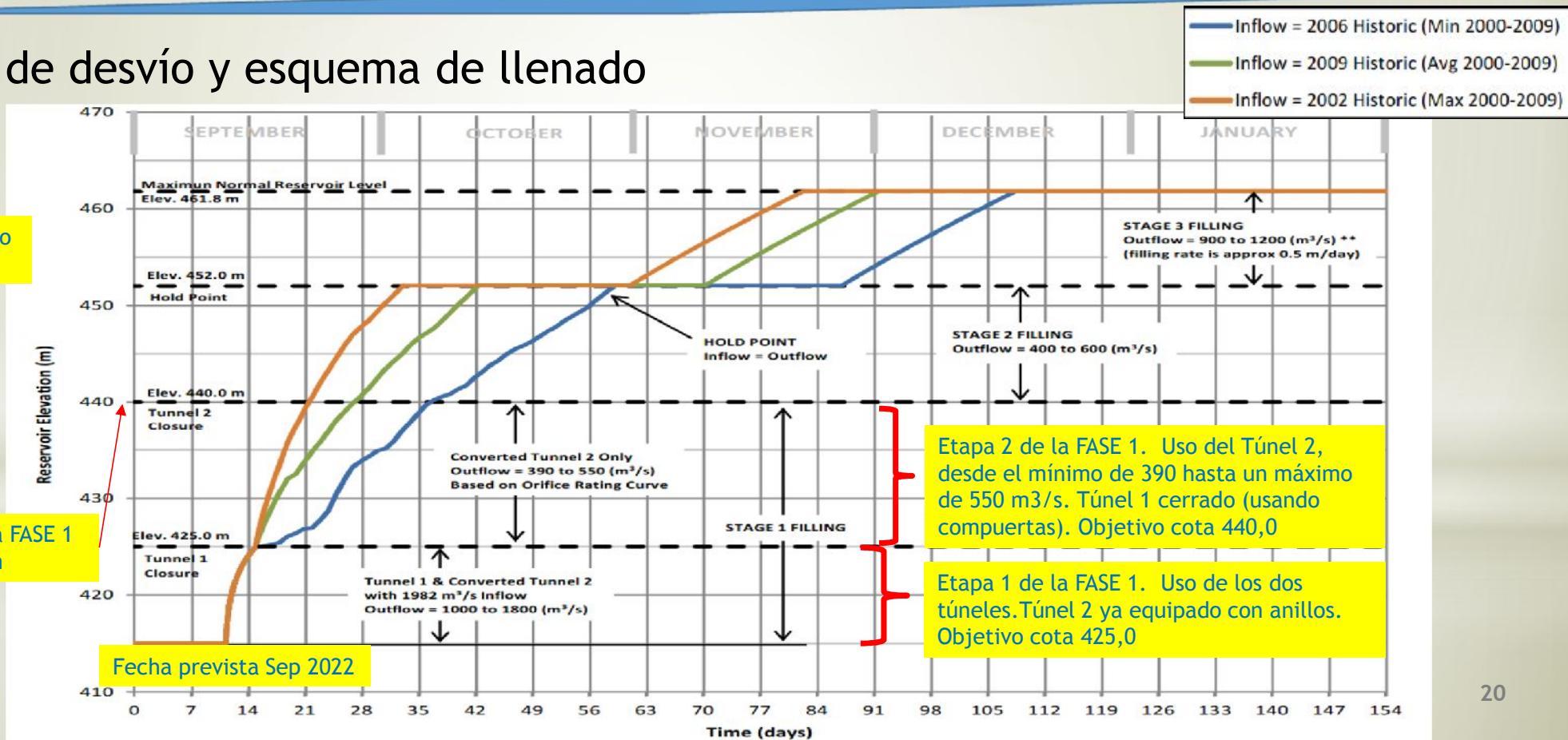
- Dimensiones de 19,9 m de alto por 17,1 de ancho.
- Formadas por 8 ataguías, de más de 2 m de altura.
- Incorporan válvulas de cierre y aliviaderos para las distintas fases del cierre del desvío.

Detalle del primer anillo de los cuatro diseñados en la transformación del túnel 2 para las fases de cierre del desvío.

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 6. Cierre de desvío y esquema de llenado



Caudal mínimo desvío  
390 m<sup>3</sup>/s

Nivel objetivo en la FASE 1  
del desvío: 440.0 m

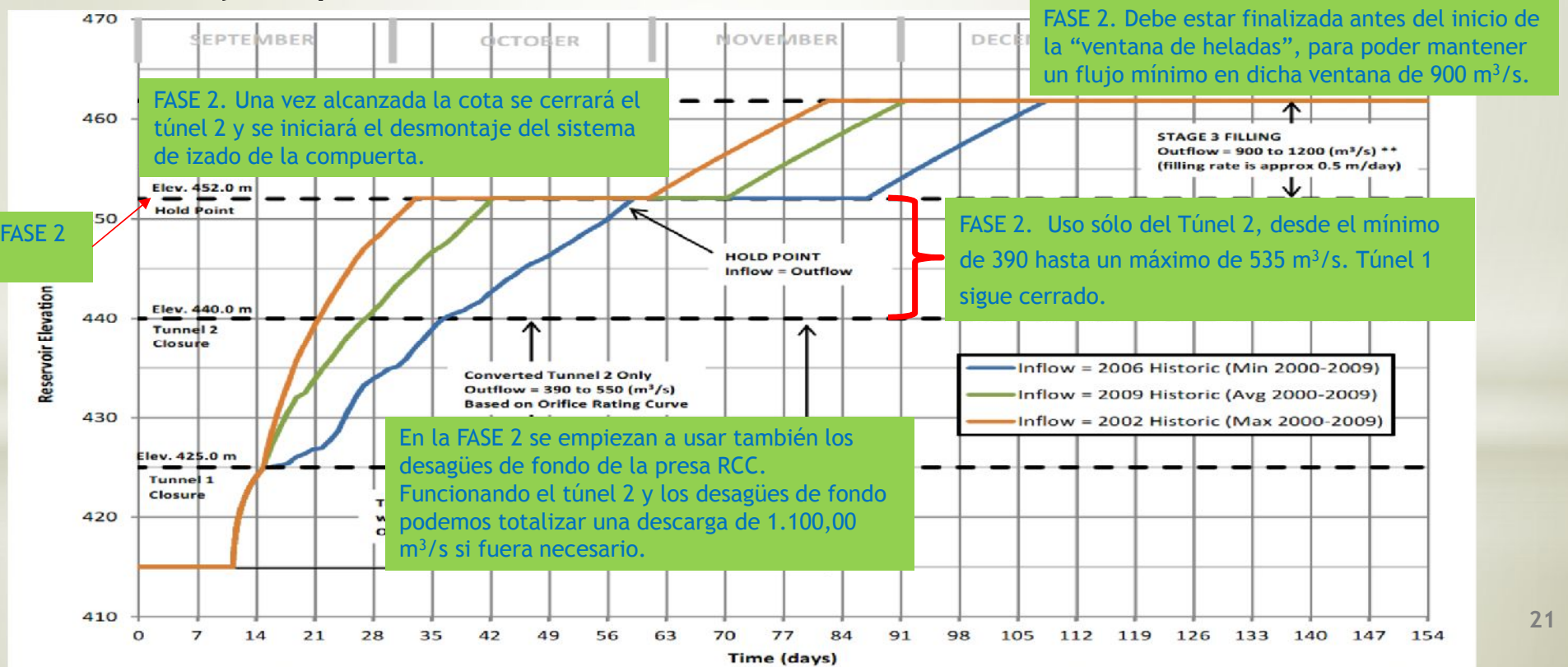
Fecha prevista Sep 2022



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 6. Cierre de desvío y esquema de llenado

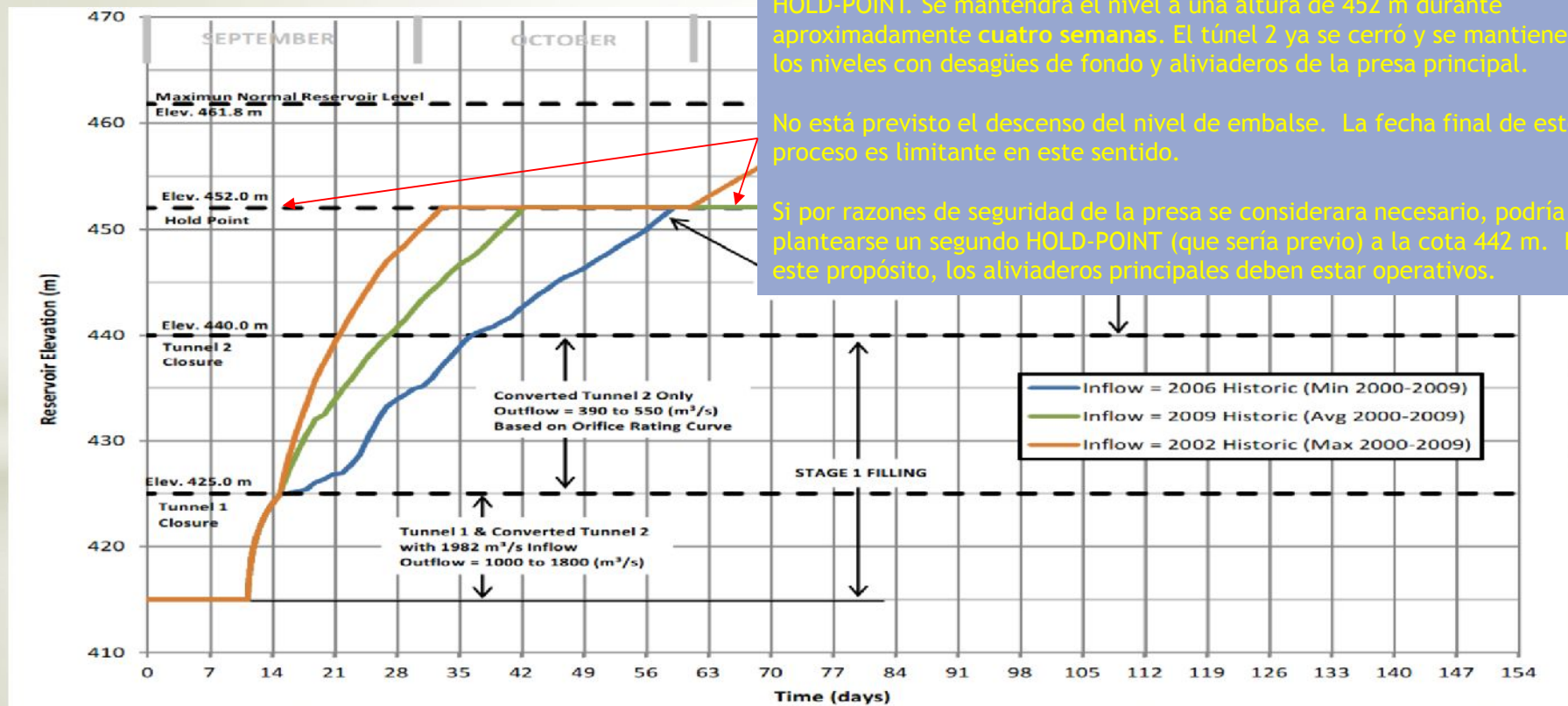


Nivel objetivo en la FASE 2 del desvío: 452.0 m

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 6. Cierre de desvío y esquema de llenado



**HOLD-POINT.** Se mantendrá el nivel a una altura de 452 m durante aproximadamente cuatro semanas. El túnel 2 ya se cerró y se mantienen los niveles con desagües de fondo y aliviaderos de la presa principal.

No está previsto el descenso del nivel de embalse. La fecha final de este proceso es limitante en este sentido.

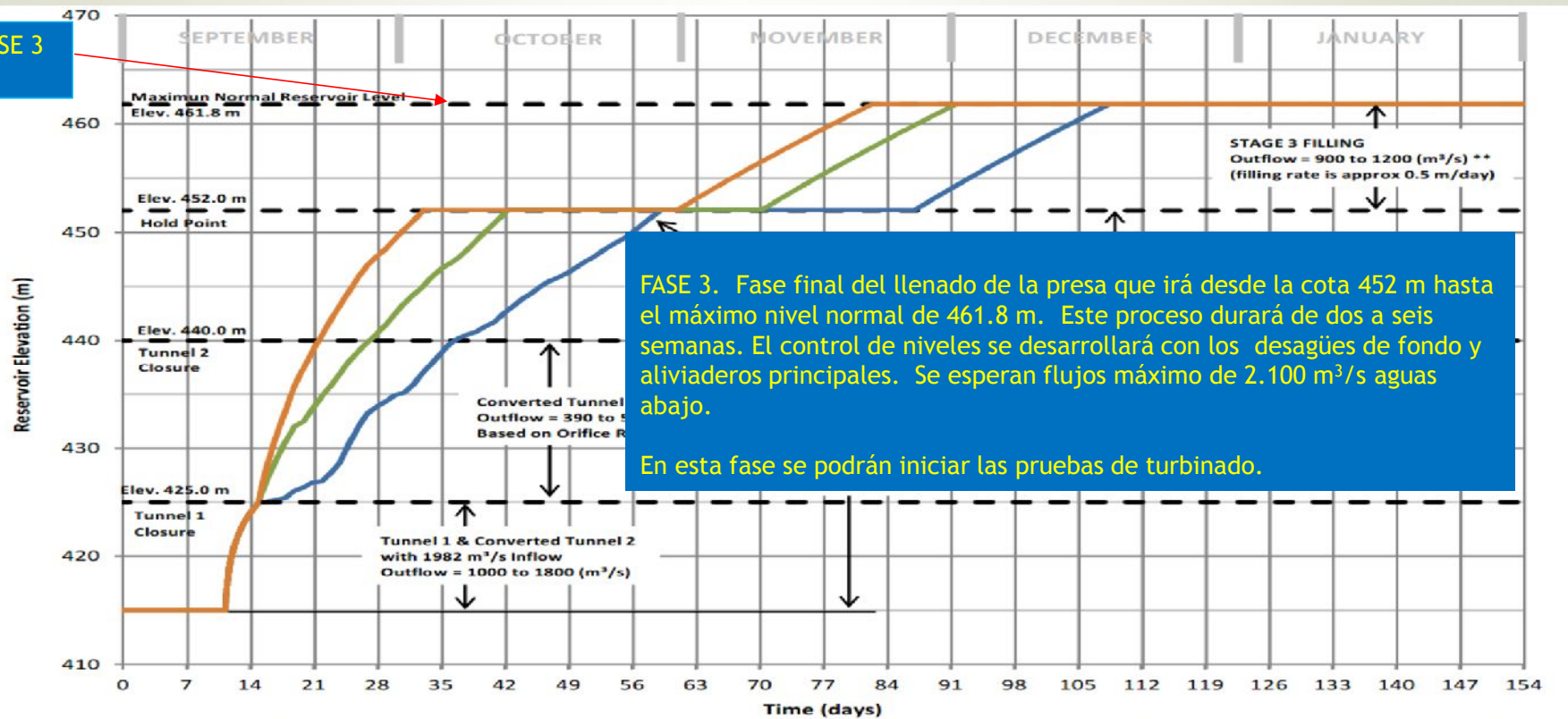
Si por razones de seguridad de la presa se considerara necesario, podría plantearse un segundo HOLD-POINT (que sería previo) a la cota 442 m. Para este propósito, los aliviaderos principales deben estar operativos.

# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Túneles de desvío de río

### 6. Cierre de desvío y esquema de llenado

Nivel objetivo en la FASE 3 del desvío: 461,8 m





# Jornada Técnica SEPREM SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

Madrid, 21 de Mayo de 2019

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**