



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

Madrid, 21 de Mayo de 2019

An aerial photograph of a large dam and reservoir. The dam is a long, low structure with a spillway in the center. The reservoir is a large body of water behind the dam. The surrounding landscape is a lush green valley with dense forests. In the background, there are rolling hills and a blue sky with scattered white clouds. The text 'Proyecto Hidroeléctrico Site C (BC, Canadá) Cimentación de HCR' is overlaid in white on the image.

## Proyecto Hidroeléctrico Site C (BC, Canadá) Cimentación de HCR

Joaquín Jiménez Labadie  
Responsable de Obras Hidráulicas. ACCIONA



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Cimentación Hormigón Compactado con Rodillo



1. Introducción. Cimentación en HCR
2. Especificaciones. Singularidades
3. Composición Mezclas. Control calidad
4. Instalaciones especiales. Dimensionamiento
5. Puesta en obra. Producciones

## SITE C - Cimentación HCR Introducción. Cimentación en RCC



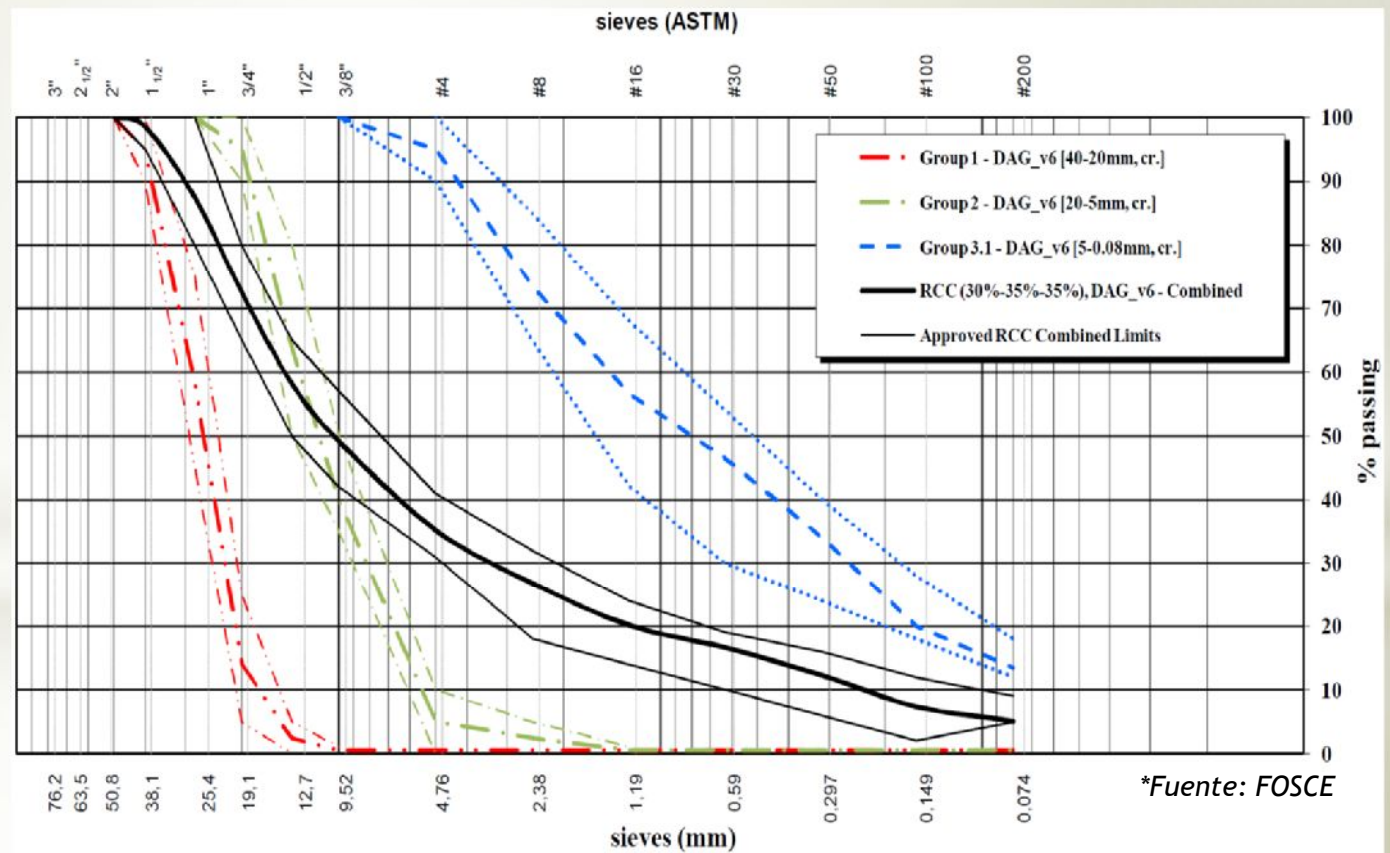
## SITE C - Cimentación HCR Especificaciones. Singularidades

- Rigurosas especificaciones técnicas
- Complejo diseño
- Secuencia constructiva y programación exigente → producciones muy elevadas
- Condiciones climatológicas extremas
- Roca de cimentación muy alterada
- Interfases con otros contratistas
- Dificultad de accesos a los bloques

# SITE C - Cimentación HCR Diseño de Mezclas. Áridos

Tamaño máximo 40 mm  
3 Fracciones de machaqueo:

- Grupo 1 40-20 mm → 30%
- Grupo 2 20-5 mm → 35%
- Grupo 3 5-0 mm → 35%



## SITE C - Cimentación HCR

### Diseño de Mezclas

Dosificación de Hormigones:

Material	RCC	CVC-Roca	CVC-Encofrado
Árido grueso (>5 mm)	1365 kg/m <sup>3</sup>	1171 kg/m <sup>3</sup>	1208 kg/m <sup>3</sup>
Arena (<5 mm)*	734 kg/m <sup>3</sup>	631 kg/m <sup>3</sup>	651 kg/m <sup>3</sup>
Cemento (tipo I)**	70 kg/m <sup>3</sup>	217 kg/m <sup>3</sup>	230 kg/m <sup>3</sup>
Ceniza volante	130 kg/m <sup>3</sup>	123 kg/m <sup>3</sup>	70 kg/m <sup>3</sup>
Agua libre	105 kg/m <sup>3</sup>	125 kg/m <sup>3</sup>	125 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo retardante***	0,33-0,75%	0,40-0,52%	0,40-0,52%
Aditivo aireante	-	0,10-0,40%	0,10-0,40%
Aditivo plastificante	-	0,40-0,50%	0,40-0,50%

**Notas:**

(\*) Arena de machaqueo en el RCC y natural lavada en el CVC

(\*\*) Al inicio se ha empleado una mezcla más conservadora de RCC con 80 kg/m<sup>3</sup> de cemento

(\*\*\*) La dosis de aditivo varía en función de la temperatura ambiente para inicio de fraguado 24 horas

\*Fuente: FOSCE

## SITE C - Cimentación HCR Control de calidad. Hormigón Fresco

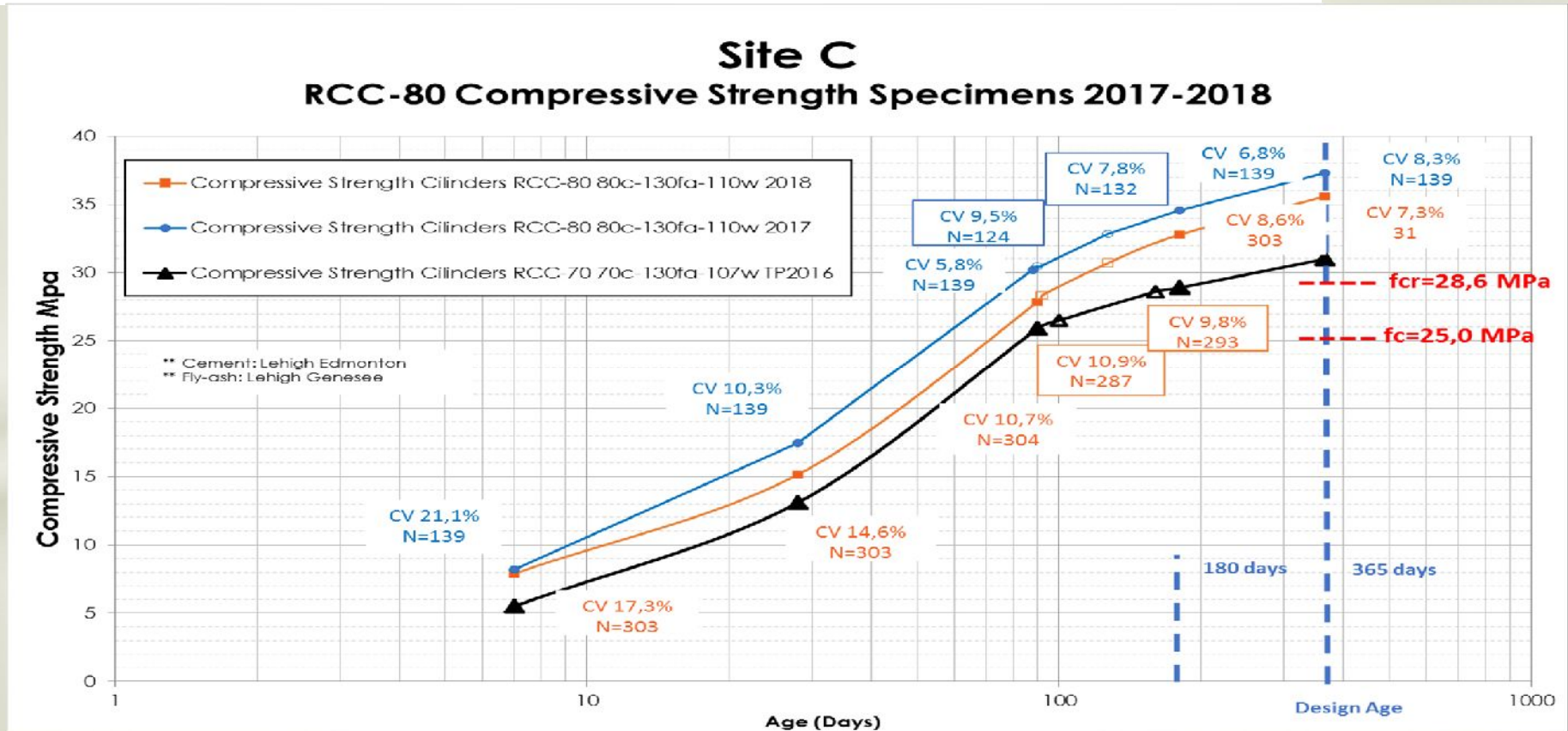
- Tiempo VeBe: 8-14 segundos
- Tongadas 30 cm
- Vibrado del CVC: en 30/60 min.
- Compactación del HCR: en 45/90 min.
- N° pasadas: 1 estática +3 dinámicas
- Densidad > 98% de d.t.s.a. (HCR)
- Juntas: 87% Calientes, 6% Templadas, 7% Frías
- Inicio de fraguado: 18-24 horas



# SITE C - Cimentación HCR

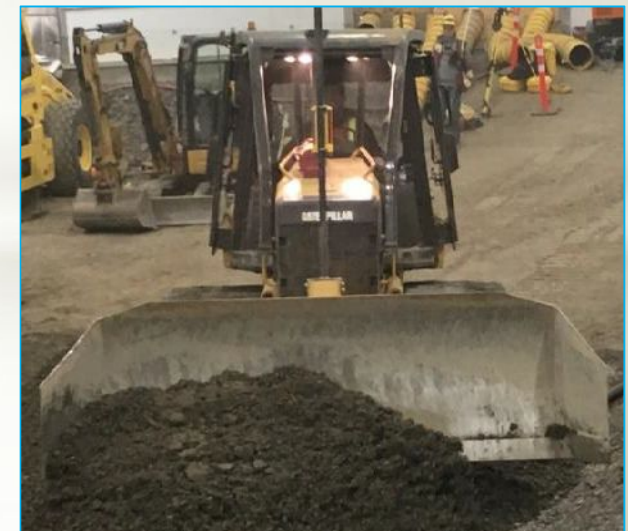
## Control de calidad. Hormigón endurecido

Relación Tracción/ Compresión → 9% ensayo indirecto y 5-6% ensayo directo

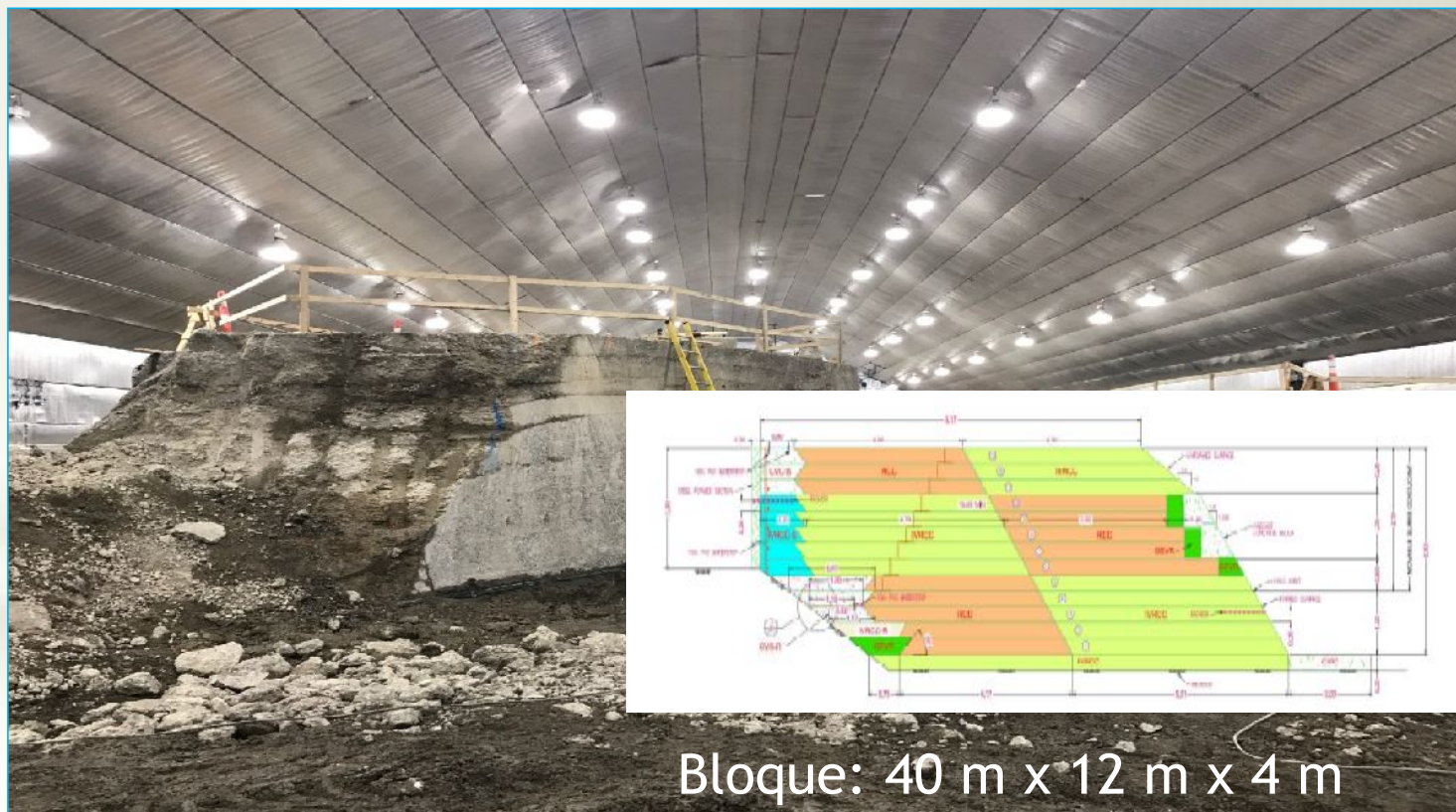




## SITE C - Cimentación HCR Bloque de prueba. Diciembre 2016



# SITE C - Cimentación HCR Bloque de Prueba. Diciembre 2016



# SITE C - Cimentación HCR

## Instalaciones Especiales. Dimensionamiento

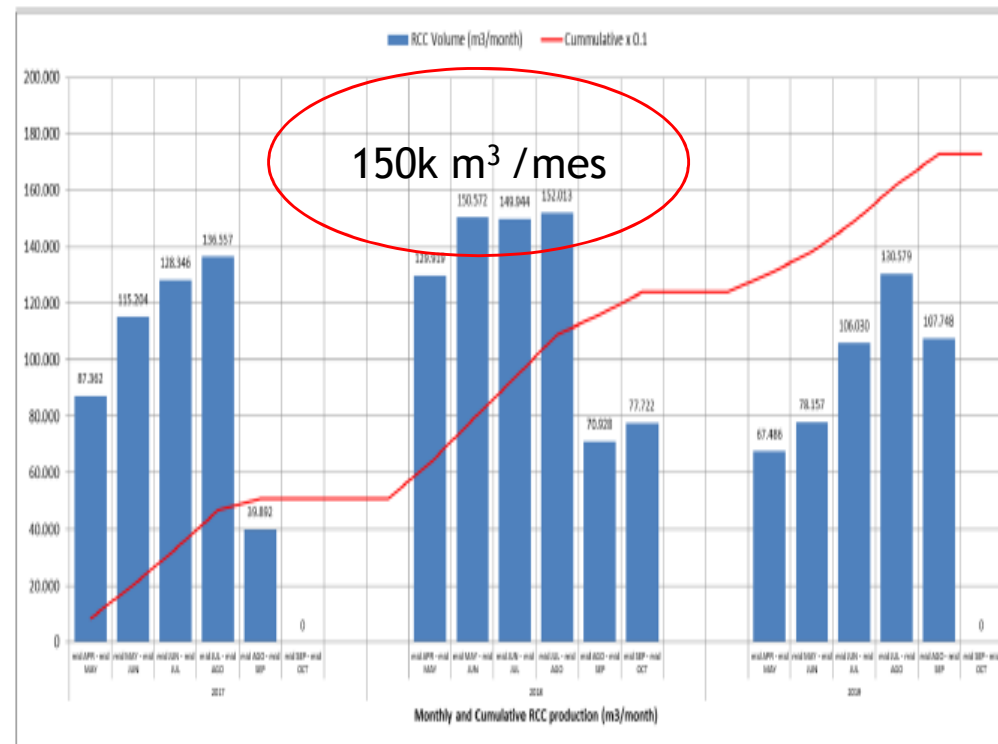
Factores para el dimensionamiento de las instalaciones:

- Programa de trabajos
- Especificaciones Técnicas
- Exigencias térmicas
- Experiencia



- Instalaciones de fabricación de áridos → 2.500 Tn/h
- Planta de hormigón HCR → 750 m<sup>3</sup>/h (5 amasadoras)
- Planta de hormigón convencional → 150 m<sup>3</sup>/h
- Sistema de calentamiento de áridos y agua
- Central de escamas de hielo
- Silos de almacenamiento de conglomerante

RCC PRODUCTION RATES:



## SITE C - Cimentación HCR Instalaciones Especiales. Planta de áridos

### Características:

- 3 líneas independientes de producción
- Producción máxima de 2.500 Tn/h
- Fabricación de áridos para el HCR y hormigones convencionales con planta de lavado de arenas.
- Planta de fabricación de filtros para la presa de tierras



# SITE C - Cimentación HCR

## Instalaciones Especiales. Planta de áridos

	2017		
	Phase 1	Phase 2	Total
Days	294	89	294
Hours	1.930	629	2.559
Nominal Production	250 t/hr	1.000 t/hr	434 t/hr
Availability	29%	31%	38%
Production	492.010 Tn	251.426 Tn	743.436 Tn
Split	G1 - 26% G2 - 47% G3 - 26%	G1 - 24% G2 - 37% G3 - 39%	G1 - 26% G2 43% G3 31%
G1	127.923 Tn	60.384 Tn	188.307 Tn
G2	231.245 Tn	93.092 Tn	324.337 Tn
G3	132.843 Tn	97.950 Tn	230.793 Tn
Efficiency	102%	40%	67%
Overall Rate	29%	12%	25%
Real Production rate	255 Tn/h	400 Tn/h	291 Tn/h

	2018		
	Phase 1	Phase 2	Total
Days	140	241	241
Hours	714	1.940	2.654
Nominal Production	250 t/hr	1.000 t/hr	798 t/hr
Availability	22%	35%	48%
Production	132.264 Tn	1.545.604 Tn	1.677.868 Tn
Split	G1 - 30% G2 - 42% G3 - 28%	G1 - 31% G2 - 33% G3 - 36%	G1 - 31% G2 34% G3 35%
G1	40.118 Tn	480.571 Tn	520.689 Tn
G2	55.673 Tn	507.781 Tn	563.454 Tn
G3	36.473 Tn	557.252 Tn	593.725 Tn
Efficiency	74%	80%	79%
Overall Rate	16%	28%	38%
Real Production rate	185 Tn/h	797 Tn/h	632 Tn/h

Fase 1 → 44.000 Tn/mes  
Fase 2 → 192.000 Tn/mes

## SITE C - Cimentación HCR Instalaciones. Plantas de Hormigón

### Planta Principal HCR:

- Liebherr 5 amasadoras doble eje horizontal de 4,5 m<sup>3</sup>
- **Producción máxima de 750 m<sup>3</sup>/h**
- 6 Silos de trabajo de 140 Tn
- Planta de escamas de hielo KTI 103 Tn y silo de 90 Tn
- Sistema SAUTER de calentamiento de áridos y agua
- 3 silos de 3.000 Tn para el almacenamiento de cemento y cenizas
- 4 silos de 2.300 Tn de capacidad de almacenamiento en Fort St. John



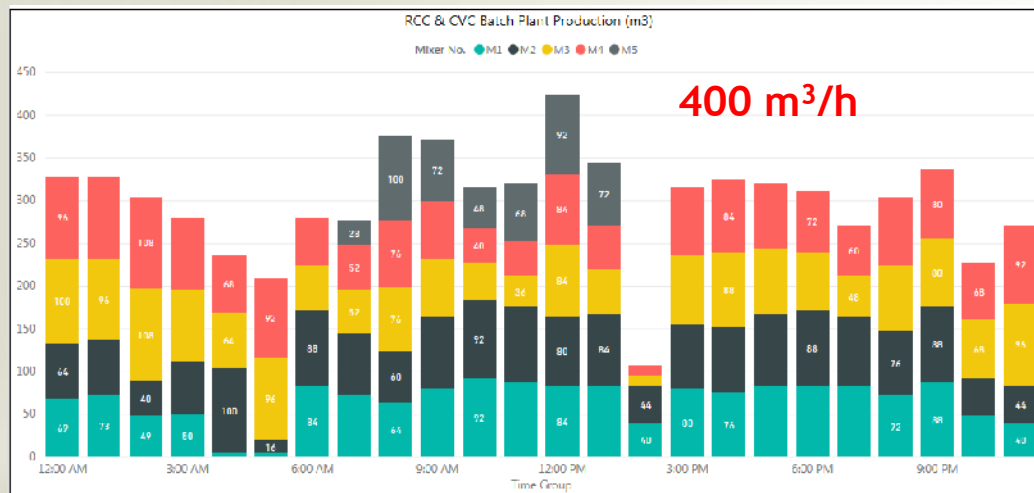
## SITE C - Cimentación HCR Instalaciones. Plantas de Hormigón

### Planta de hormigón Convencional:

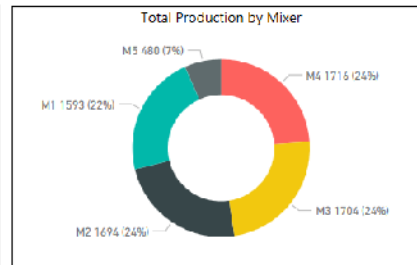
- Liebherr 1 amasadoras doble eje horizontal
- **Producción máxima de 150 m<sup>3</sup>/h**
- Planta de escamas de hielo KTI 89 Tn y silo de 23 Tn
- Sistema de calentamiento de áridos y agua
- Silos de 400 Tn para las cenizas y de 600 Tn para el cemento



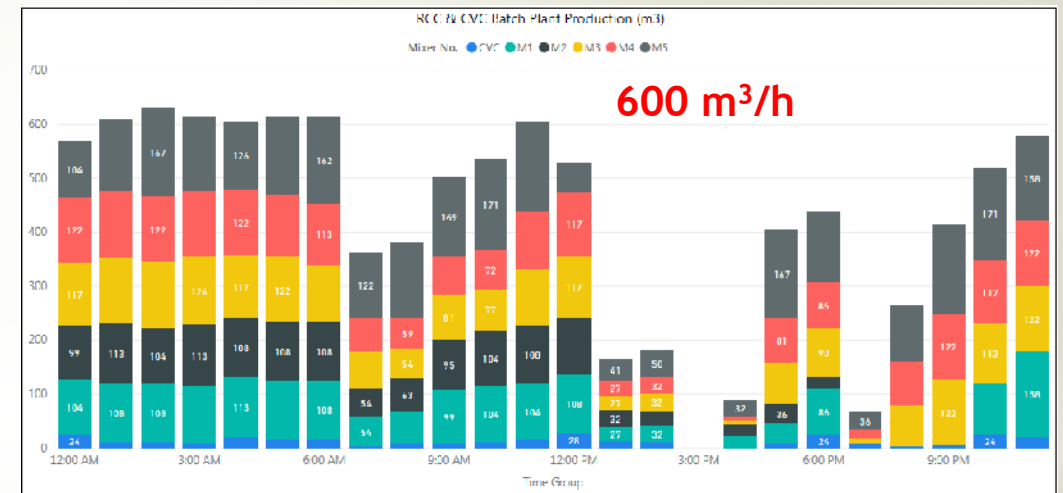
# SITE C - Cimentación HCR Instalaciones. Plantas de Hormigón



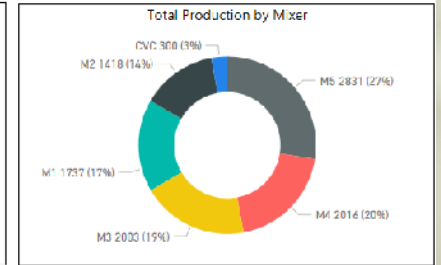
Mixer No.	2017-09-27	Total
M1	1,392.50	1,392.50
M2	1,054.00	1,054.00
M3	1,704.00	1,704.00
M4	1,716.00	1,716.00
M5	480.00	480.00
<b>Total</b>	<b>7,186.50</b>	<b>7,186.50</b>



Máximo producido 2017



Mixer No.	2018-10-15	Total
CVC	200.50	200.50
M1	1,757.00	1,757.00
M2	1,417.50	1,417.50
M3	2,002.50	2,002.50
M4	2,016.00	2,016.00
M5	2,830.50	2,830.50
<b>Total</b>	<b>10,303.00</b>	<b>10,303.00</b>



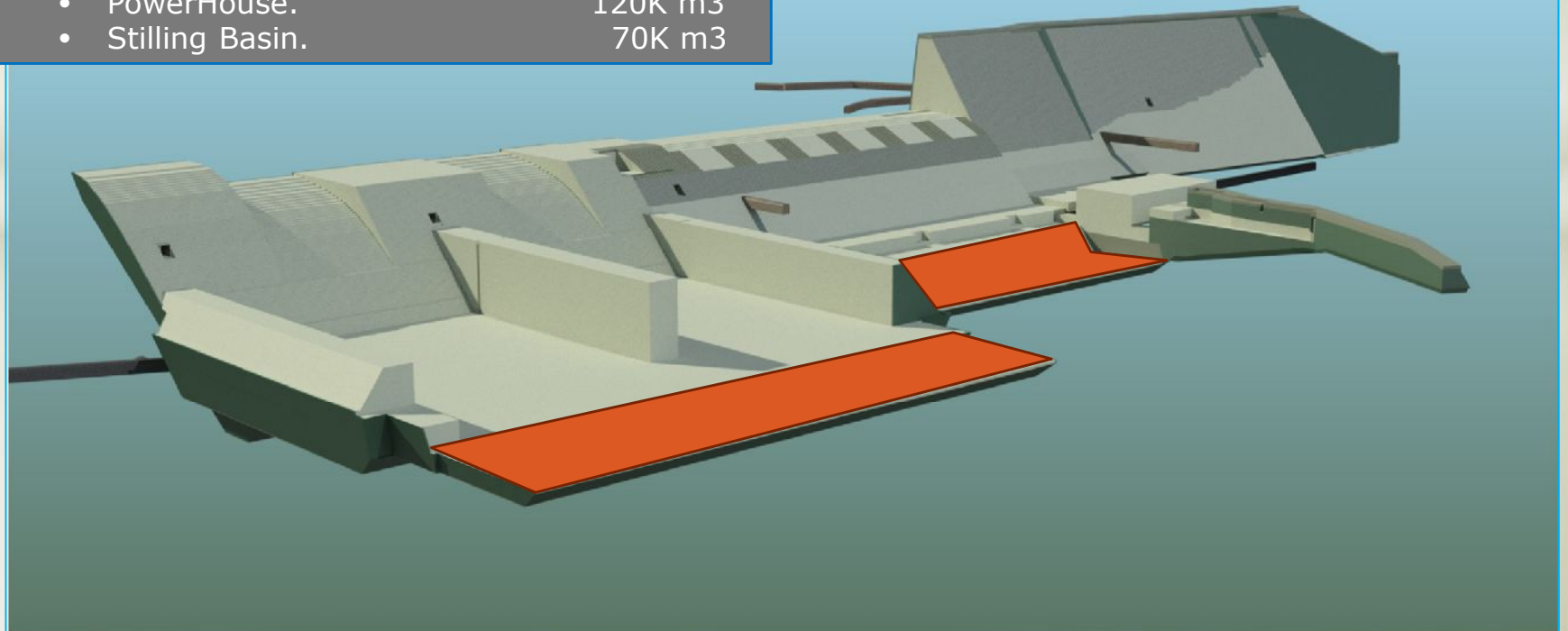
Máximo producido 2018



## SITE C - Cimentación HCR Colocación HCR. Producción HCR 2017

### 2017 Alcance de los trabajos:

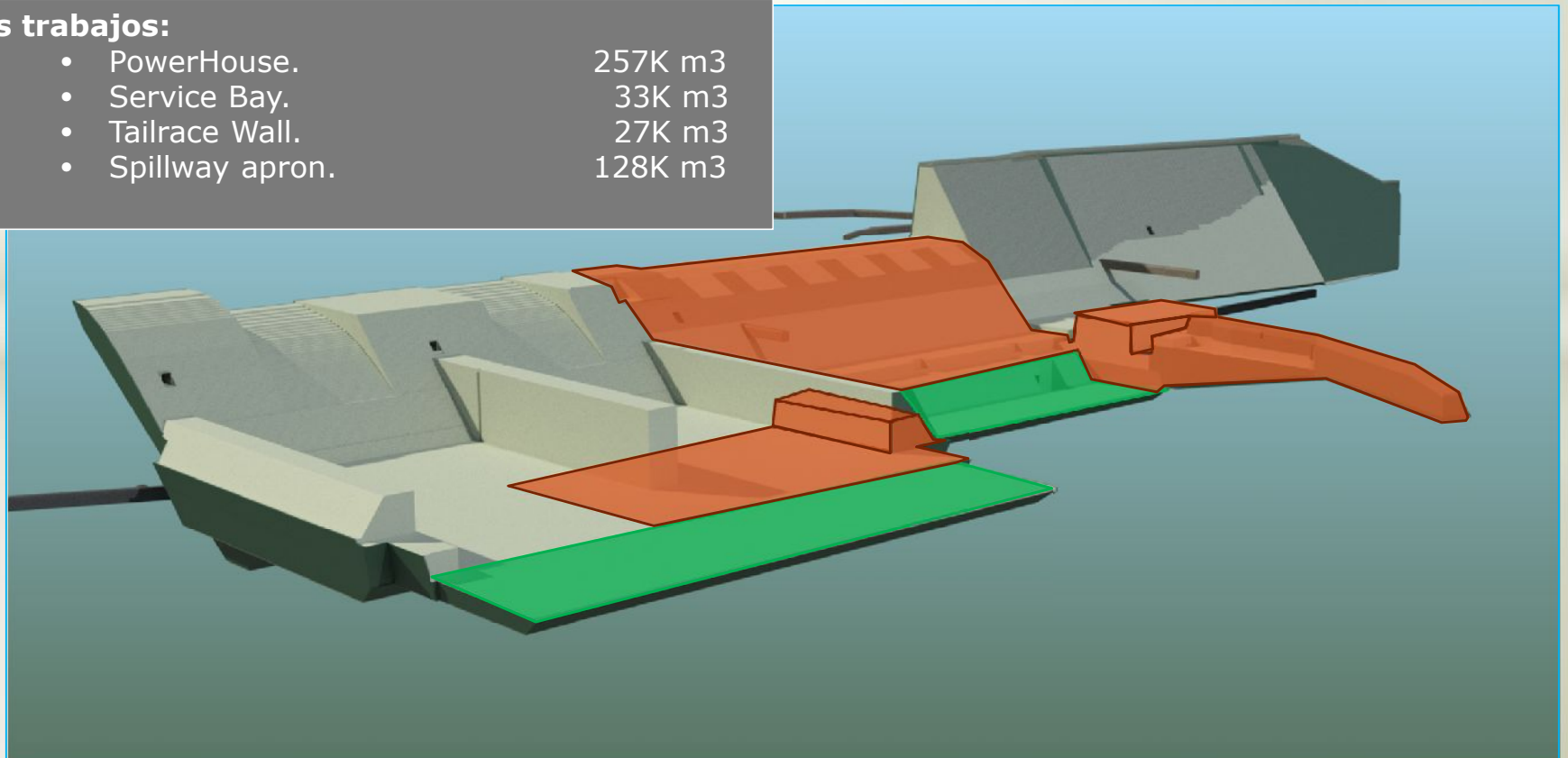
- PowerHouse. 120K m3
- Stilling Basin. 70K m3



## SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2018

### 2018 Alcance de los trabajos:

- PowerHouse. 257K m3
- Service Bay. 33K m3
- Tailrace Wall. 27K m3
- Spillway apron. 128K m3

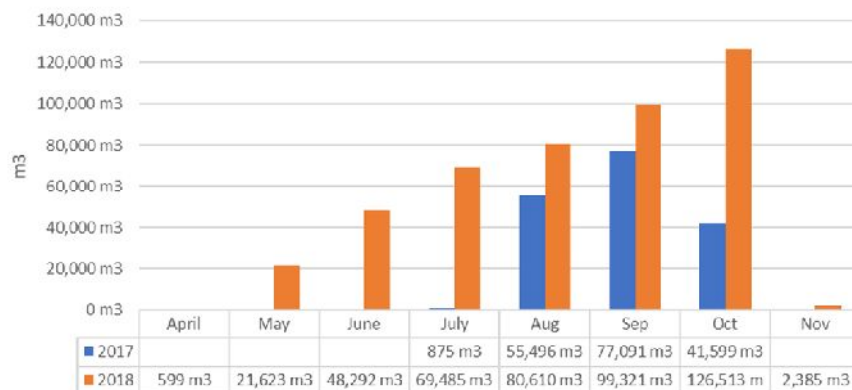


# SITE C - Cimentación HCR

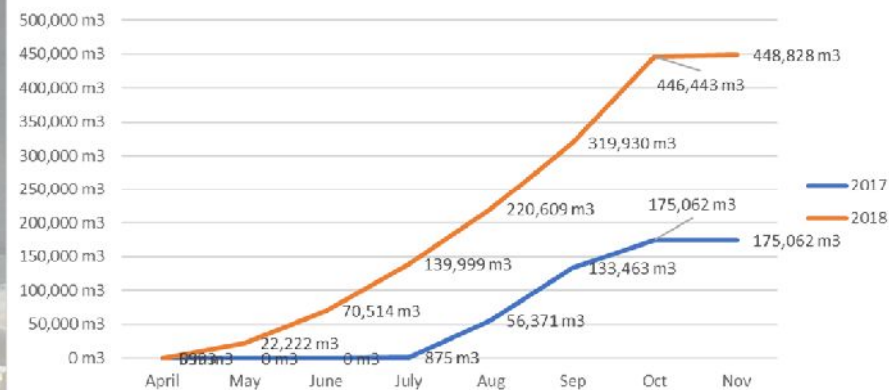
## Colocación HCR. Producción HCR 2017 & 2018

### 2017 vs 2018

2017 & 2018



2017 & 2018 accumulated



### Principales Cifras del 2018

Max producción en 30 días:

160.000 m<sup>3</sup>

Media Diaria: 5.520 m<sup>3</sup>

Max producción en 7 días:

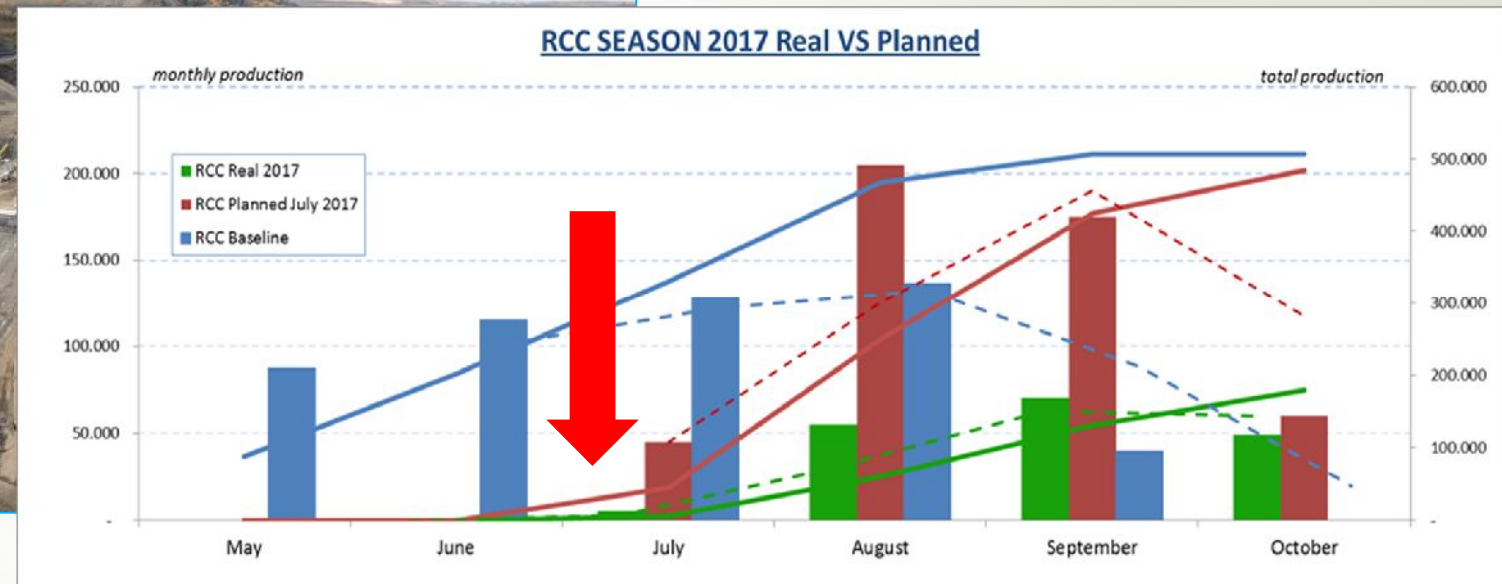
48.800 m<sup>3</sup>

Media Diaria: 6.690 m<sup>3</sup>

Max producción in 1 día:

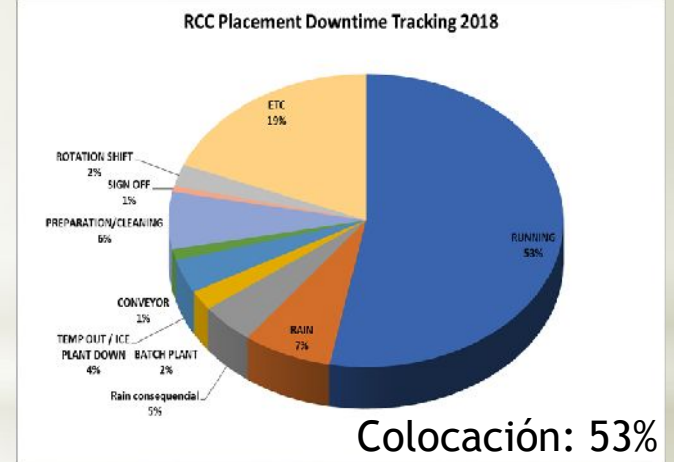
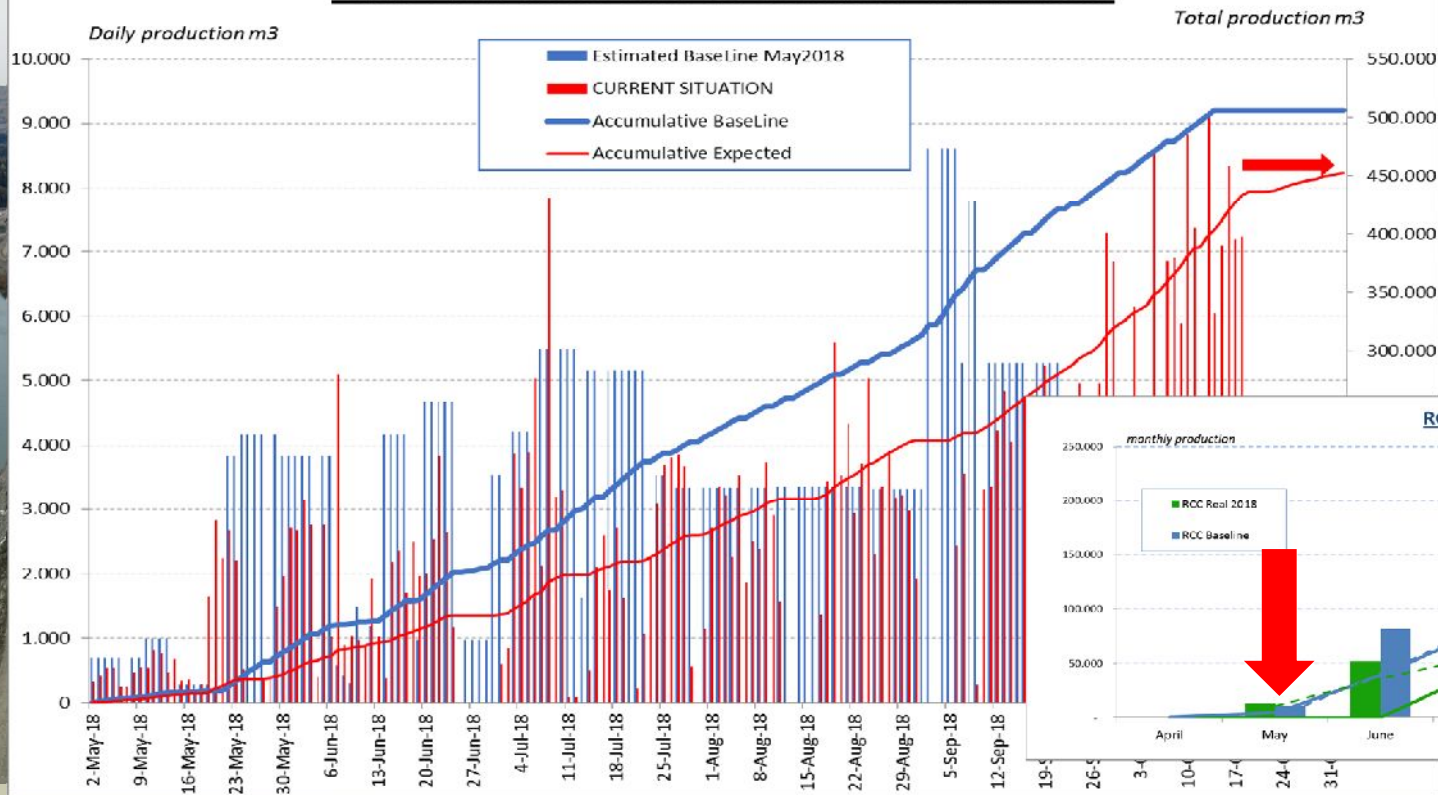
9.460 m<sup>3</sup>

# SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2017



# SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2018

## RCC PRODUCTION BASELINE MAY 2018 vs CURRENT SITUATION



### RCC SEASON 2018 Real VS Planned

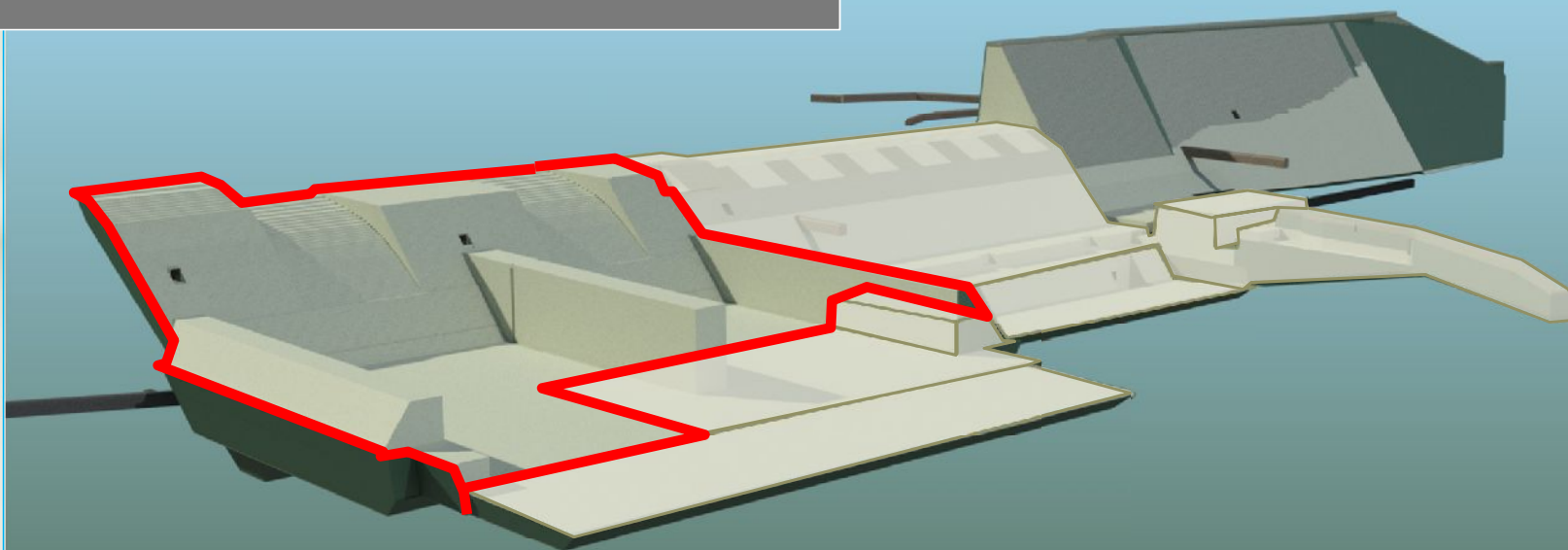


## SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2019

**2019 Alcance de los trabajos :**

- Spillway

590K m3

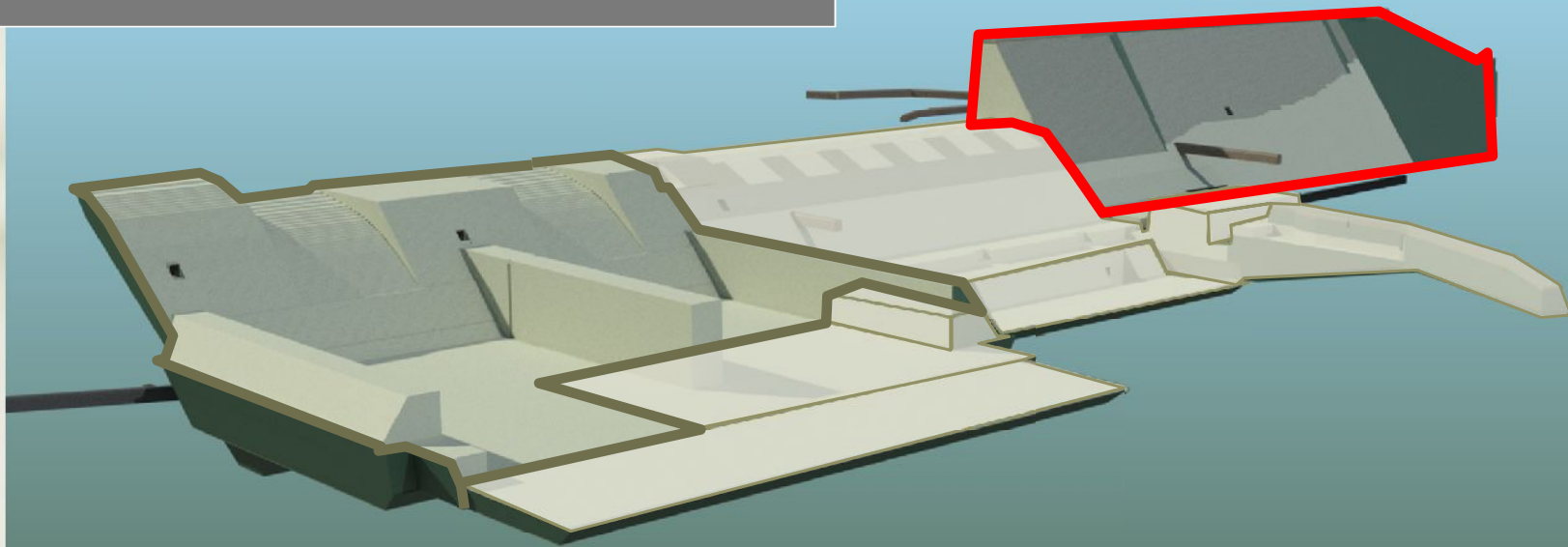


## SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2020

**2020 Alcance de los trabajos:**

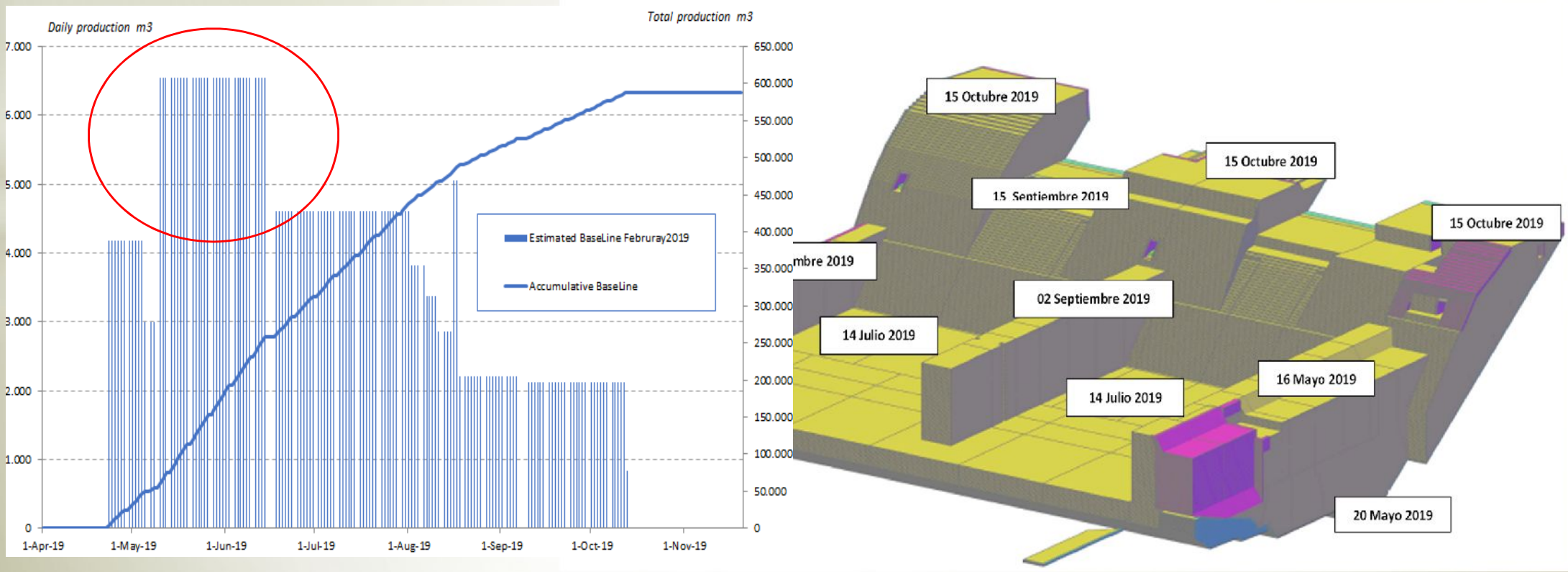
- Dam&Core

515K m3



# SITE C - Cimentación HCR Retos. Producción HCR 2019

Diseño complejo y Elevados volúmenes





# SITE C - Cimentación HCR

## Retos. Producción HCR 2019

Comienzo temprano → Depende de las condiciones climatológicas.  
Finalización tardía → Depende de las condiciones climatológicas.

	Avg. of Apr	April - Daily average of ambient temperature																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2013	-0.7	1.0	2.4	-3.0	-8.4	-13.7	-9.0	-5.9	-5.5	-1.1	4.6	0.4	-0.2	0.5	-2.7	-1.1	-0.8	2.0	0.8	-0.3	-5.8	-3.3	2.8	5.5	7.0	9.5	9.9	4.0	1.2	-6.7	-6.1
2014	2.3	-7.8	-7.1	-6.2	-2.8	1.5	5.1	6.6	7.1	3.9	5.8	-5.1	-2.7	0.9	5.1	0.5	-2.3	-3.5	2.7	5.9	7.0	7.0	7.3	0.5	0.2	3.4	3.6	4.2	7.0	10.2	12.1
2015	5.0	1.0	2.0	0.6	-0.0	-0.2	1.8	4.1	6.9	10.3	7.8	4.0	3.1	4.8	5.4	4.8	7.0	3.5	4.8	8.1	11.2	10.9	3.0	0.7	1.6	1.5	5.8	10.2	10.6	7.8	6.5
2016	7.4	10.9	9.5	4.3	2.7	3.9	6.8	9.3	8.5	5.0	3.3	8.0	6.6	1.3	1.3	6.6	9.0	12.2	17.1	10.1	5.6	7.6	5.1	3.7	3.9	7.7	8.6	11.3	11.8	10.4	10.5
2017	2.3	5.4	3.6	3.3	2.9	5.3	6.1	4.7	4.2	5.5	4.9	2.2	2.4	-0.1	-0.5	-0.1	0.4	-4.1	-6.6	-1.4	0.6	1.3	0.6	-1.0	0.9	1.4	2.6	5.3	6.6	6.9	6.8
2018	0.1	-11.5	-9.9	-9.6	-10.8	-13.0	-12.7	-10.1	-6.1	-0.1	-1.5	-2.5	-1.9	1.9	3.6	0.4	-3.3	-2.3	2.0	4.5	6.2	4.8	4.7	7.2	9.6	9.4	11.2	13.5	9.5	3.8	7.0
<b>Avg</b>	<b>2.7</b>	<b>-0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>-1.8</b>	<b>-2.7</b>	<b>-2.7</b>	<b>-0.3</b>	<b>1.4</b>	<b>2.5</b>	<b>3.9</b>	<b>4.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.6</b>	<b>2.0</b>	<b>1.8</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>3.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.1</b>	<b>4.7</b>	<b>3.9</b>	<b>2.7</b>	<b>3.9</b>	<b>5.5</b>	<b>6.9</b>	<b>8.1</b>	<b>7.8</b>	<b>5.4</b>	<b>6.1</b>

Temperatura Ambiente > 5°C (2013-2018)

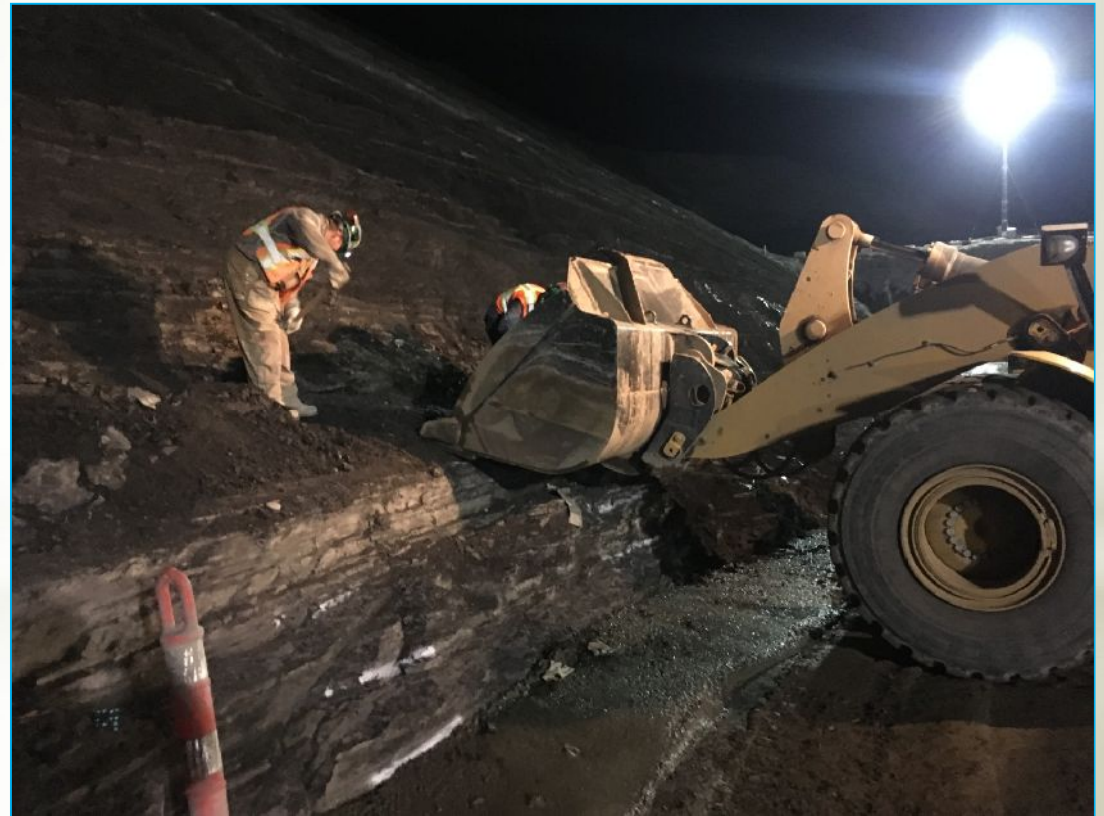
# SITE C - Cimentación HCR

## Retos. Preparación de la cimentación



## SITE C - Cimentación HCR

### Retos. Preparación de la cimentación

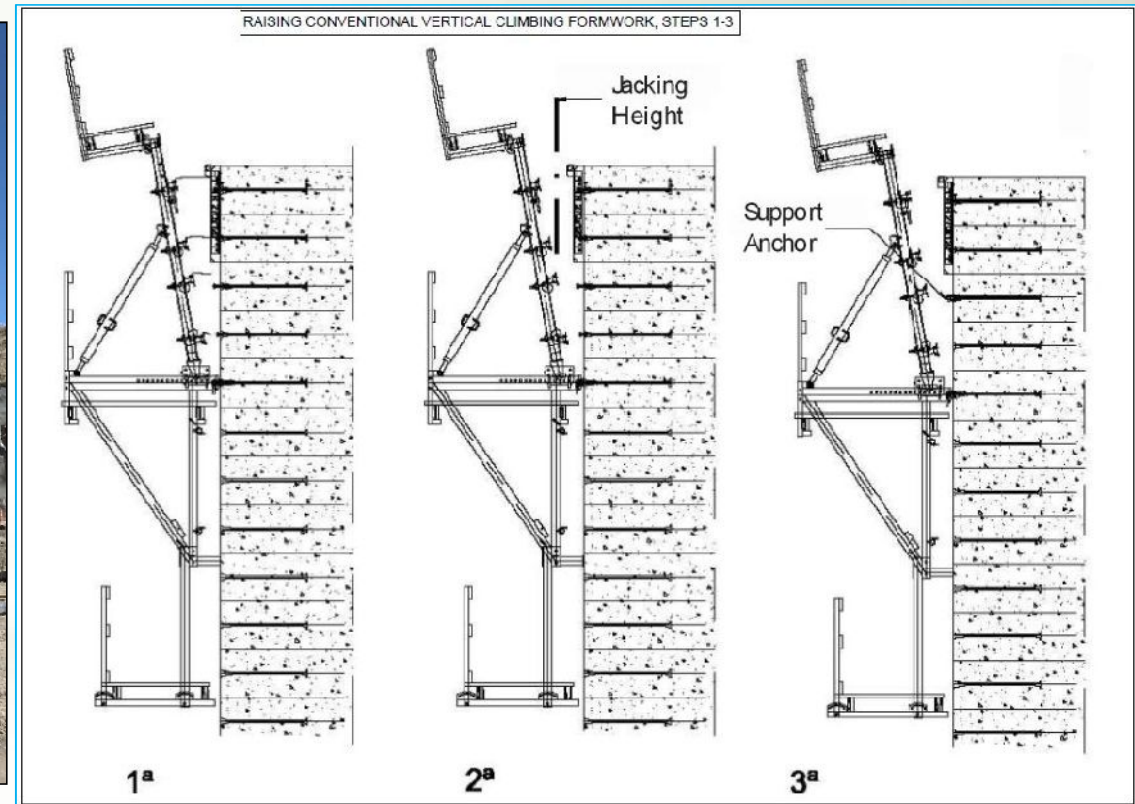


# SITE C - Cimentación HCR

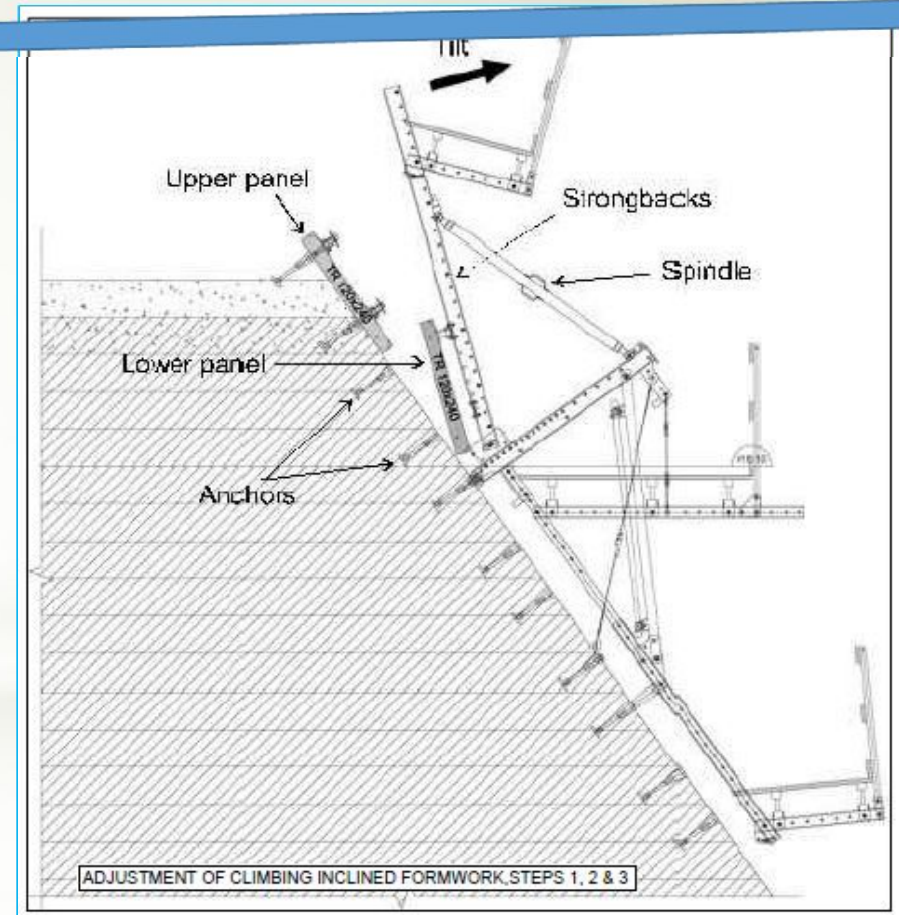
## Retos. Preparación de la cimentación



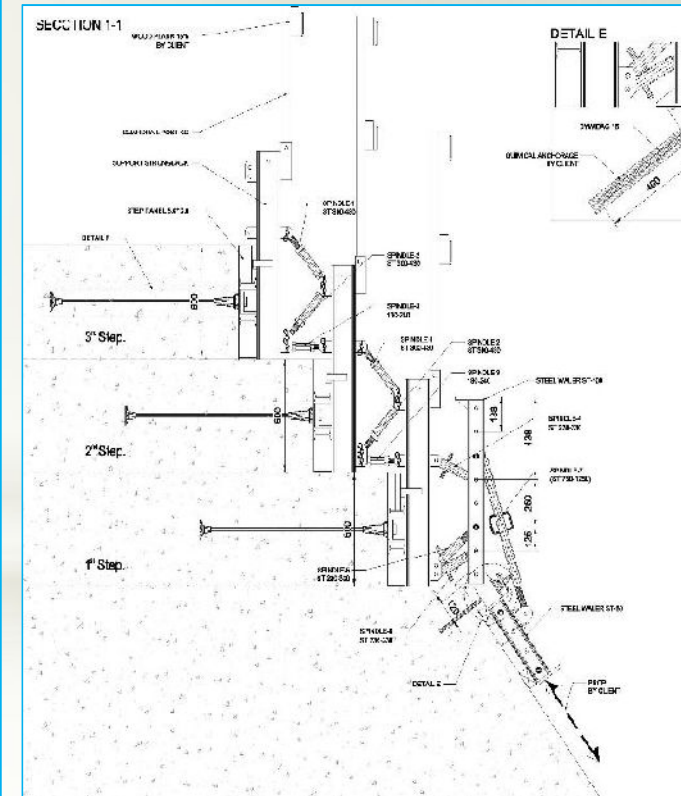
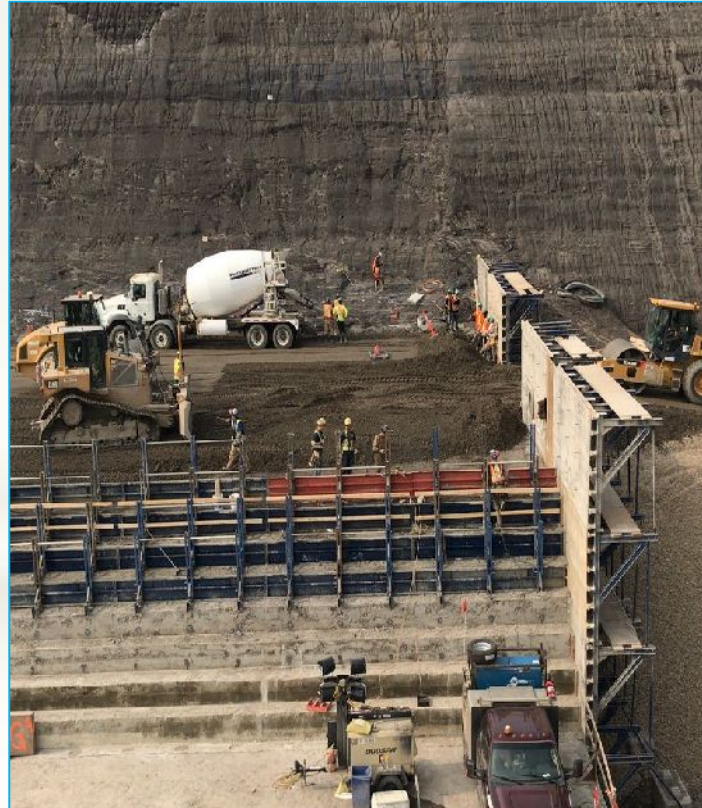
# SITE C - Cimentación HCR Encofrados



## SITE C - Cimentación HCR Encofrados



# SITE C - Cimentación HCR Encofrados



## SITE C - Cimentación HCR Encofrados. Anclajes

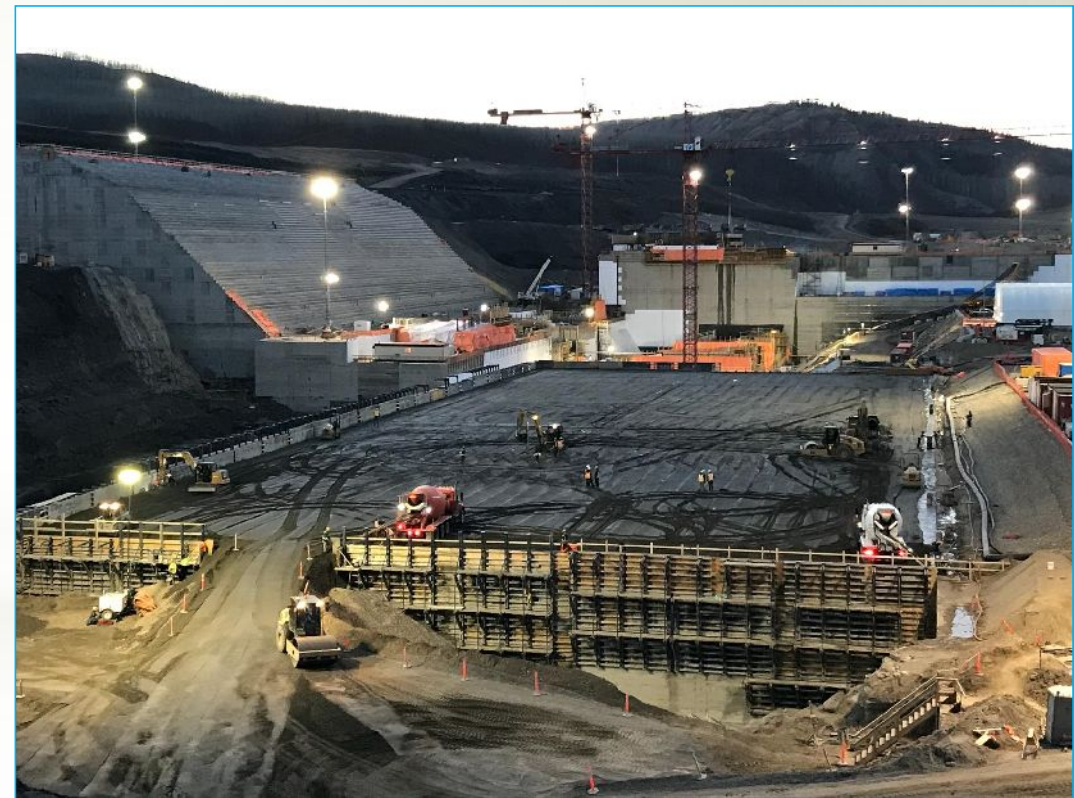




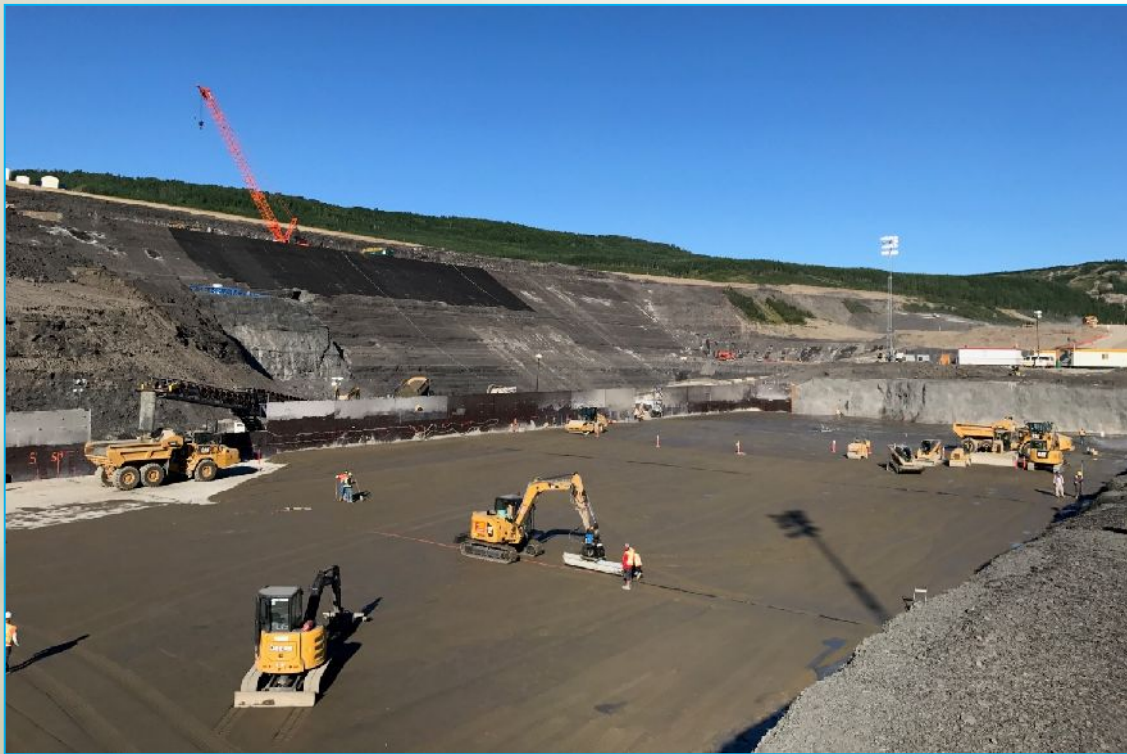
## SITE C - Cimentación HCR Juntas. Water-stop



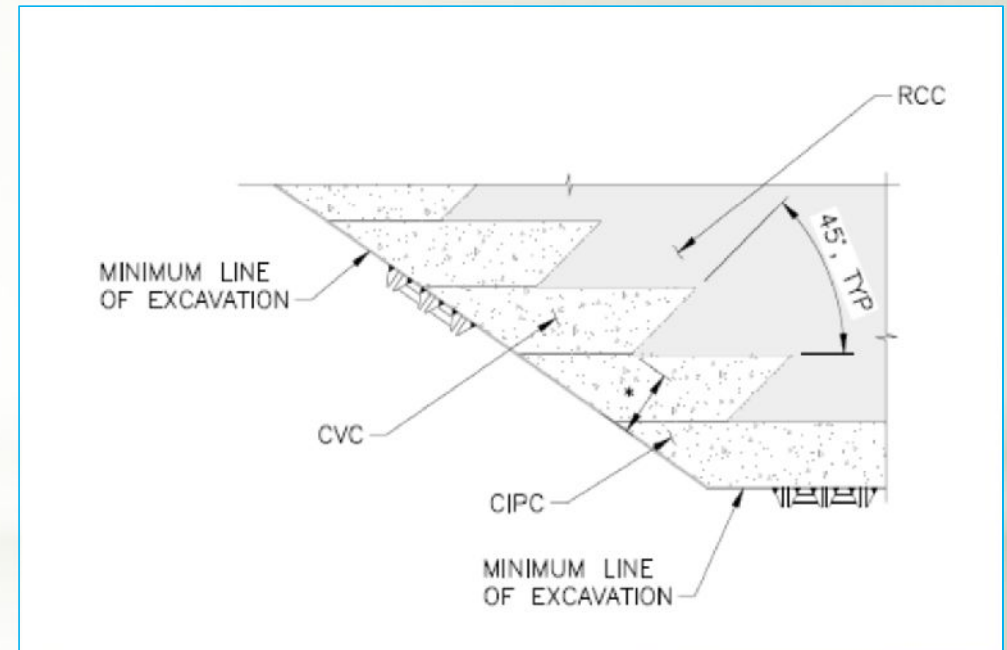
## SITE C - Cimentación HCR Puesta en obra



## SITE C - Cimentación HCR Puesta en obra



## SITE C - Cimentación HCR Colocación del hormigón convencional



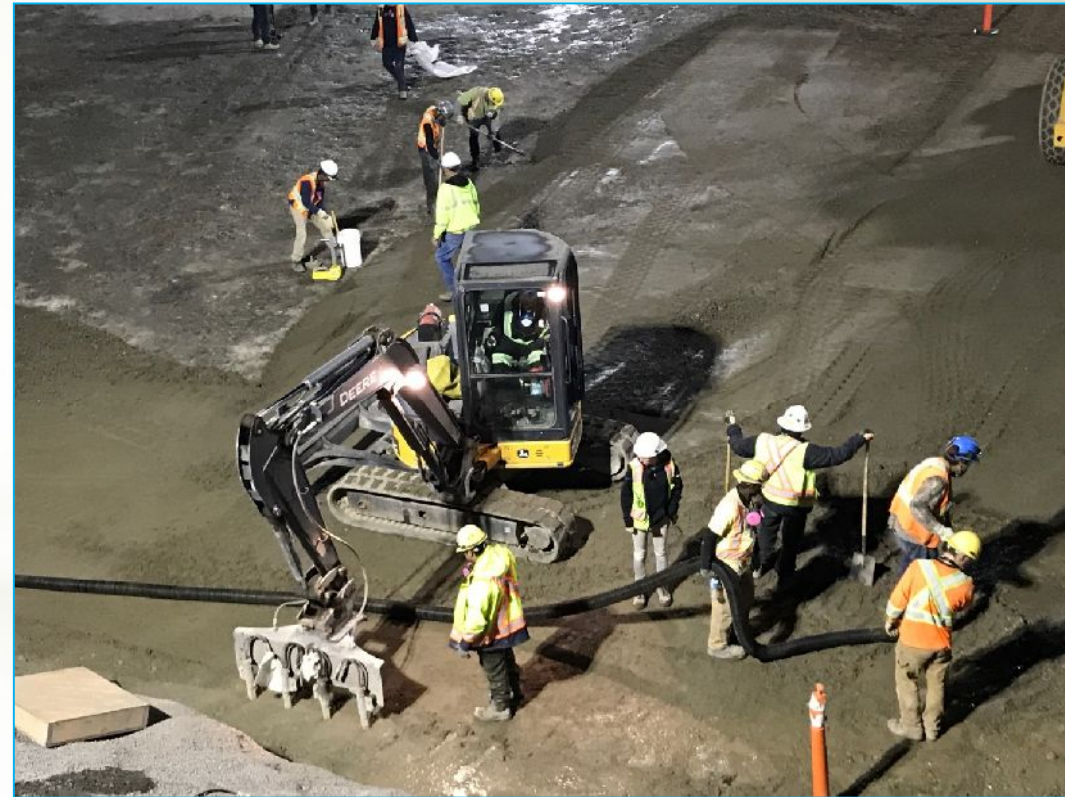
## SITE C - Cimentación HCR Colocación del hormigón convencional



## SITE C - Cimentación HCR Colocación del GEVR



## SITE C - Cimentación HCR Compactación y vibración CVC/ GEVR



## SITE C - Cimentación HCR Compactación y vibración CVC/ GEVR





## SITE C - Cimentación HCR Juntas de contracción



## SITE C - Cimentación HCR Ensayos “in situ”



## SITE C - Cimentación HCR Ensayos de laboratorio



## SITE C - Cimentación HCR Acabado y curado



## SITE C - Cimentación HCR Acabado y curado



## SITE C - Cimentación HCR Acabado y curado



## SITE C - Cimentación HCR Tratamiento de juntas

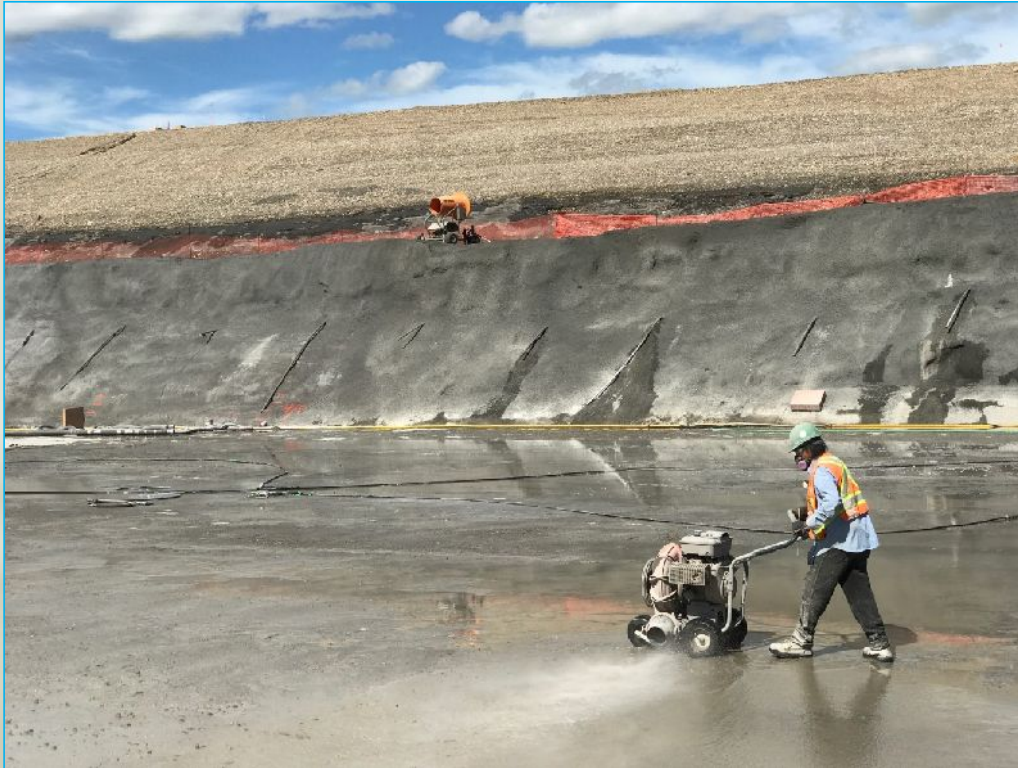


## SITE C - Cimentación HCR Tratamiento de juntas





## SITE C - Cimentación HCR Limpieza



## SITE C - Cimentación HCR Limpieza



# SITE C - Cimentación HCR

## Protección térmica durante el invierno



# SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

## Cimentación Hormigón Compactado con Rodillo



**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**