



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### Construcción de un rompeolas al sur de Lima

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

**Luisa Eliana Rojas Castillo**

**ASESOR: Ing. Iván Bragagnini**

Lima, Julio del 2009

## CARTA RESUMEN

El presente documento describirá el proceso constructivo de un rompeolas ubicado en la zona sur del departamento de Lima, dicho rompeolas estará totalmente aislado de la costa y se construirá por vía marina y vía terrestre.

El rompeolas en mención alcanzará una longitud de 800 m, de los cuales 320m del lado norte y 320m del lado sur conforman el tronco y los 80 m restantes en cada lado conformaran los extremos redondeados del rompeolas. La altura total de la estructura es de 24.5m (desde la profundidad -14. CD hasta 11.5 CD).

El rompeolas estará conformado por una capa de filtro y sobre ella se colocará la capa de núcleo para luego construir las capas de protección, que a su vez se dividen en las capas que forman los pies de talud y las que conforman la protección de la parte superior de la sección. Para la construcción de cada capa se utilizará rocas de diferentes gradaciones que incluyen rocas desde 1 kg hasta 6 ton , así también se incluye el uso de unidades de concreto de 5 y 8m<sup>3</sup> que ayudaran a lograr la estabilidad del rompeolas.

Primero se inicia con la explotación de cantera para obtener el principal componente del rompeolas, durante el proceso de extracción se describirá las características que debe poseer el material para que sea apto para su utilización.

Segundo, se describirá el proceso de producción de las unidades de concreto que conforman las capas de protección del rompeolas, en esta etapa se describirá las características requeridas para garantizar que dichos bloques son adecuados para su utilización.

Tercero se describirá la etapa de construcción propiamente dicha, se abarcaran los controles que se requieren para asegurar que la construcción por si sola alcanza los parámetros necesarios para asegurar su estabilidad y durabilidad en el tiempo.

A lo largo de la descripción del proceso constructivo se irán mostrando protocolos que podrán servir como guía para garantizar la calidad de la construcción.

Finalmente se brindará algunas conclusiones importantes para tomar en cuenta en futuras construcciones de este tipo de estructuras.

## INDICE

1. INTRODUCCION.....	3
2. OBJETIVO.....	3
3. ALCANCE Y LIMITES.....	4
4. DEFINICION DE ROMPEOLAS.....	4
5. TIPOS DE ROMPEOLAS :.....	5
6. CRITERIOS DE SELECCION DEL TIPO DE ROMPEOLAS.....	6
7. CRITERIOS DE SELECCION PARA LA UBICACION.....	6
8. EL PROYECTO.....	7
8.1 UBICACION GEOGRAFICA.....	7
8.2 DESCRIPCION GENERAL.....	8
8.3 CONSIDERACIONES PRELIMINARES A LA CONSTRUCCION.....	8
8.4 PLANEAMIENTO.....	9
8.5 MATERIALES.....	10
8.5.1 Rocas.....	10
8.5.2 Bloques ranurados de concreto (BCR).....	19
8.6 EQUIPOS.....	31
8.7 CANTIDAD DE MATERIALES.....	33
8.8 PRUEBAS PREVIAS AL INICIO DE CONSTRUCCION.....	33
8.8.1 Prueba onshore de la calibración de los gps y del posicionamiento de los BCR.....	33
8.8.2 Construcción de un panel de prueba-Test de porosidad.....	34
8.9 CONSTRUCCION.....	37
8.9.1 Construcción marina: ( fondo marino – nivel – 6.00).....	37
8.9.2 Construcción terrestre.....	41
8.9.3 Test de porosidad in situ.....	45
8.9.4 Colocación de los BCR.....	48
8.10 Seguridad y Medio Ambiente.....	54
8.11 Control de calidad.....	55
8.11.1 Tolerancias:.....	56
9. COSTOS.....	57
10. CONCLUSIONES.....	63

11. GLOSARIO:.....	66
12. BIBLIOGRAFIA.....	67

## ANEXOS

Anexo 1: Planeamiento de la ejecución Del rompeolas

Anexo 2: Vista en planta del rompeolas

Anexo 3: Vista en planta del extremo redondeado.

Anexo 4: Secciones típicas del rompeolas.

Anexo 5: Secuencia de construcción- paso1

Anexo 6: Secuencia de construcción- paso2

Anexo 7: Secuencia de construcción- paso3

Anexo 8: Secuencia de construcción- paso4

Anexo 9: Plano de secciones de control

Anexo 10: Tolerancias para cada etapa de la construcción-1

Anexo11: Tolerancias para cada etapa de la construcción-2

## 1. INTRODUCCION

De acuerdo a las conclusiones del VII Foro Internacional de puertos, el Perú es el segundo país de Latinoamérica con la más alta brecha de infraestructura después de Bolivia y el cuarto país que tiene una gran brecha de infraestructura portuaria. Se calcula que la brecha en dicho rubro bordearía los US\$ 1,200 millones.

Un puerto es un área de agua parcialmente protegida de las tormentas que proveen un lugar seguro y apropiado para atracar embarcaciones. Los puertos pueden clasificarse como natural o artificial.

Un puerto natural es una entrada o ensenada protegida de las tormentas y las olas por la configuración natural de la tierra, mientras que un puerto artificial está protegido de los efectos de las olas por rompeolas hechos artificialmente. Los rompeolas son barreras que se interponen entre el mar o un lago y la costa e interrumpen la fuerza de las olas para proporcionar aguas tranquilas a un puerto.

Los rompeolas o escolleras están constituidos principalmente de rocas. Generalmente para las capas de protección son utilizadas rocas pesadas o unidades de concreto, las cuales protegerán la estructura del ataque de las olas. Las rocas de protección y los bloques de concreto son colocados con cuidado con la finalidad de obtener un mejor 'interlocking' y por consecuencia una mejor estabilidad.

La sección transversal de un rompeolas de rocas convencional generalmente tiene una geometría simple, a menudo de forma trapezoidal con taludes de 1:1.33 hasta 1:2.

Los rompeolas de rocas son preferidos como una solución de diseño porque sus pendientes causan que las olas rompan y por consecuencia que disipen energía, entre otras razones importantes encontramos la disponibilidad de la roca, ya que generalmente se puede utilizar canteras locales y de requerirse unidades artificiales, dichas unidades no requieren mano de obra especializada.

El presente documento detallará la construcción del rompeolas que forma parte del proyecto de exportación del gas licuado, el cual posicionará al Perú como líder en la industria de gas natural licuado en Sudamérica.

El contrato comprende el diseño y construcción de los accesos marítimos para la planta de licuefacción de gas de Pampa Melchorita situada en el Km 167 de la Panamericana Sur.

Los accesos están diseñados para barcos de LNG con 90000 a 165000 m<sup>3</sup> de capacidad.

## 2. OBJETIVO

Describir las diferentes etapas del proceso constructivo de un rompeolas localizado a la altura del Km. 167 de la Panamericana Sur.

Servir de referencia sobre algunos lineamientos y procedimientos a considerar para la construcción de un rompeolas.

### 3. ALCANCE Y LIMITES

Se describirá la etapa de Construcción del rompeolas de 800 m de largo que forma parte de la construcción de los accesos marinos para la exportación del gas licuado en pampa Melchorita. Dicha construcción implica la extracción de rocas de una cantera ubicada a 25 km de distancia del punto de construcción, así como la producción de las unidades de concreto que contribuirán con la estabilidad de la estructura.

Esta tesis describirá la evaluación de los materiales a utilizar, el proceso constructivo así como los protocolos a seguir para el control durante la ejecución.

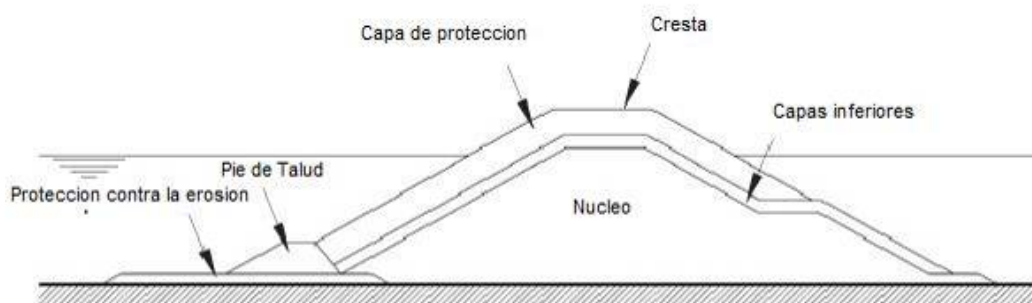
El presente documento no profundizará en la ejecución de obras preliminares como la construcción del campamento, accesos o la movilización del personal a obra

### 4. DEFINICION DE ROMPEOLAS

Son estructuras construidas de rocas, usualmente protegidas por capas de roca pesada o unidades de concreto. Tienen como propósito proveer aguas calmas para el anclaje de embarcaciones protegiéndolos del ataque de las olas y de las corrientes.

Entre los principales componentes del rompeolas encontramos, la cresta, el núcleo, las capas de protección, la protección contra la erosión y el pie de talud.

Figura 1: Partes del rompeolas

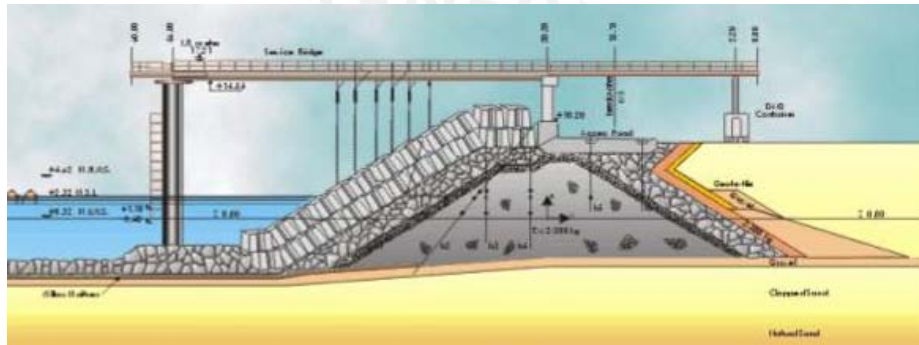


Fuente: *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London

5. TIPOS DE ROMPEOLAS<sup>1</sup>:

- Rompeolas de rocas convencional: Es la forma más común de un rompeolas, tiene forma trapezoidal. La capa de protección de roca pesada cubre la cresta y ambos taludes. Generalmente usados para proteger estructuras como muelles o embarcaderos.
- Convencional con una cresta de concreto: El elemento de concreto en la cresta permite tener acceso a lo largo de todo el rompeolas. Generalmente utilizados cuando el lado interno del rompeolas es usado para operaciones portuarias.
- Rompeolas con Bermas: En este caso las rocas pesadas son colocadas en el lado del mar.

Figura 2: Rompeolas de rocas



Fuente: [www.ugent.be/.../prototype/jettycolor2.jpg](http://www.ugent.be/.../prototype/jettycolor2.jpg)

- Rompeolas de cresta baja o sumergida: Son usados generalmente para protección en áreas donde las condiciones de las olas necesitan ser modificadas pero que el overtopping es permitido o donde sea necesaria la visibilidad horizontal. Generalmente usados como estructuras para el control de playas.

Figura 3: Rompeolas de rocas convencional de cresta sumergida

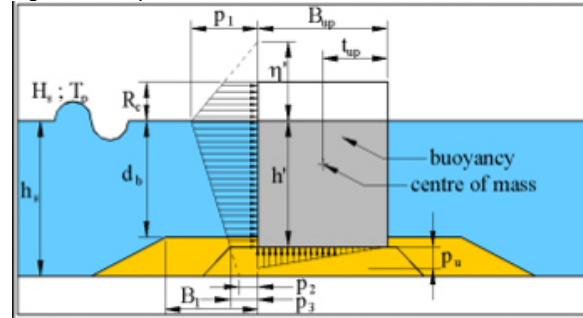


Fuente: [www.xbloc.com/upload/rechterkolom/d-c3.jpg](http://www.xbloc.com/upload/rechterkolom/d-c3.jpg)

<sup>1</sup> Las Definiciones mostradas fueron traducidas al español, CIRIA, CUR, CETMEF (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London, Pág. 781.

- Rompeolas tipo caisson compuesto verticalmente: Es una combinación entre un rompeolas de roca y un caisson. El caisson se encuentra apoyado sobre las rocas. Esta estructura es usada principalmente para la protección de puertos.

Figura 4: Rompeolas de caissons



Fuente: [www.wldelft.nl/.../breakwat/im/vert-caisson.jpg](http://www.wldelft.nl/.../breakwat/im/vert-caisson.jpg)

## 6. CRITERIOS DE SELECCION DEL TIPO DE ROMPEOLAS

Entre los factores de selección sobre un tipo de rompeolas, estos incluyen los costos, la constructibilidad y la disponibilidad local de los materiales.

Los rompeolas hechos de caissons son preferidos para aguas profundas, ya que al incrementarse la profundidad se incrementaría el volumen necesario de rocas.

Los rompeolas de rocas son mejores disipadores de energía.

En el caso del presente proyecto la cercanía a los lugares de extracción del material y el hecho de no requerir de mano de obra especializada hizo viable la opción de utilizar la roca como material principal.

## 7. CRITERIOS DE SELECCION PARA LA UBICACION<sup>2</sup>

Para identificar la ubicación apropiada del proyecto se desarrollaron extensos estudios a lo largo de la costa sur del Perú. Durante el proceso de selección del lugar, se identificó y evaluó los lugares potenciales empleando los siguientes criterios:

- Evaluar lugares costeros potenciales ubicados dentro de los 200 Km. al sur de Lima. Los criterios de selección inicial requerían un terreno mínimo de 100 hectáreas, las cuales eran necesarias para la construcción de la planta.
- Descartar todos los lugares que tengan áreas con un alto grado de sensibilidad ambiental.
- Descartar todas las áreas densamente pobladas.

<sup>2</sup> Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de exportación de GNL Pampa Melchorita, PERÚ, pág. x

- Identificar terrenos despejados en la costa, con una distancia mínima desde la orilla hasta una profundidad de por lo menos 15 m en el mar y una altitud de por lo menos 20 m sobre la costa para mitigar los efectos de amenaza de los tsunamis.
- Excluir áreas con potencial de licuefacción del suelo por causa de sismos, inestabilidad del suelo debido a movimientos del suelo y lo más importante, ninguna cercanía a fallas y suelos sísmicamente inestables debido a las zonas de alta sismicidad (terremotos) presentes en Perú.
- Excluir áreas donde se requerirá un dragado significativo y se requerirá también un dragado continuo para su mantenimiento.
- Dar preferencia a las condiciones oceánicas apropiadas para operaciones seguras de ataque de buque-tanques.
- Dar preferencia a sitios con proximidad a centros comerciales que puedan proporcionar materias primas y mano de obra.
- Dar preferencia a sitios con suficiente área para proveer terreno suficiente para posibles expansiones.

Se efectuaron amplios estudios en la costa del Perú para identificar el lugar adecuado para la instalación del Proyecto. Diecisiete (17) sitios fueron identificados entre las ciudades de Pisco y Lima durante el año 2001; Pampa Melchorita se convirtió en el área escogida para el Proyecto de Exportación de GNL.

## 8. EL PROYECTO

### 8.1 UBICACION GEOGRAFICA

La planta de licuefacción de gas natural y las instalaciones marítimas están ubicadas entre las ciudades de Cañete y Chincha, a 167 km al sur de Lima, en un terreno costero de 521 hectáreas de extensión. Dicho terreno, denominado Pampa Larga, se encuentra justo encima de una playa llamada Melchorita.

Figura 5-Mapa de ubicación



Fuente: <http://www.odebrecht.com.pe/obras/cdb-melchorita/ubicacion>

## 8.2 DESCRIPCION GENERAL

Debido a que la costa peruana durante algunos meses del año está expuesta a largos periodos de crecida del Océano Pacífico, un rompeolas permitirá a las embarcaciones atracar de manera segura y posibilitar que las instalaciones marítimas sean accesibles durante todo el año

Se ha seleccionado un diseño de rompeolas tipo berma, en forma de isla ubicada mar adentro sin algún tipo de conexión con la costa. El rompeolas propuesto estará ubicado sobre aproximadamente la isobata de 14 m de profundidad, tendrá 800 m de longitud, y orientado en forma más o menos paralela a la línea de costa. El rompeolas se construirá con una altura de cresta de 11.0 m sobre el nivel inferior de la rompiente de ola lo que permitirá que la ola de diseño, que tiene un periodo de retorno de 100 años, no sobrepase sin causar daños a la estructura.

El rompeolas será construido con las rocas que se extraerán de la cantera QHR. El material rocoso se transportará en camiones, a través de una carretera de acceso que se está construyendo desde la cantera hasta la ubicación de la planta en la zona de la playa.

El núcleo del rompeolas consistirá en material de roca de cantera, que incluirá desde rocas de 400 Kg hasta de 2 toneladas como roca de filtro y capas de protección conformadas por rocas de 2 a 10 toneladas. El volumen total de la estructura será aproximadamente de 1,000000 m<sup>3</sup>.

La construcción del rompeolas se hará en 2 etapas, la primera desde el fondo marino hasta un nivel de -6.00 CD que se ejecutara con la ayuda de una barcaza y la segunda que se hará desde la tierra a través de un puente temporal que será instalado al final del muelle de 1.3 Km de largo y de un canal de navegación de 300 m de ancho.

## 8.3 CONSIDERACIONES PRELIMINARES A LA CONSTRUCCION

En general cualquier proyecto de construcción necesitara construcciones temporales como el área de campamento, áreas de equipos y reparación, oficinas, áreas de fabricación de los elementos, la existencia de este tipo de infraestructura debe ser planificada con anticipación. Entre los aspectos importantes que se deben considerar encontramos:

La existencia de vías de acceso para el transporte del equipo, personal y mano de obra capacitada, acceso o cercanías a laboratorios para testear el material.

Se deberá evaluar los requerimientos legales existentes para el inicio de construcción, permiso de las instituciones correspondientes, aspectos ambientales, que serán estipulados en el EIA del proyecto.

Todo esto debe formar parte del planeamiento integral de la obra, en el presente documento no se detallara la etapa preliminar a la construcción.

#### 8.4 PLANEAMIENTO

La construcción del rompeolas propiamente dicho comenzará con el arribo del Le Guerrier, barcaza, que colocará la roca tipo D que conformará la capa de filtro. Después de 21 días del inicio de la colocación de la capa de filtro se procederá al inicio de la construcción por vía terrestre a través del puente temporal. Se ha planificado que para la construcción se hará uso de 4 grúas las cuales serán montadas secuencialmente conforme haya suficiente espacio en la plataforma de trabajo para no interrumpir el ciclo fluido de los camiones que transportaran la roca desde los lugares de almacenaje hasta el rompeolas.

La duración del proyecto se ha estimado en 13 meses aproximadamente culminando el 11 de enero del 2010. (Véase anexo1: Planeamiento del proyecto)

Para la realización del planeamiento se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

Días trabajables

- 6 días / semana
- 2 turnos / día
- 11h/turno

Ratios utilizados:

- Colocación de rocas de 2-3T con grúa + garra : 520T/día
- Colocación de rocas de 2-6T con grúa + garra: 750T/ día
- Colocación de rocas de 2-6T con excavadora (>+1CD) : 1350 T/ día
- Colocación aleatoria de BCR 5m3 (<+5CD) : 30 U/ día
- Colocación aleatoria de BCR 5m3 (>+5CD) : 50 U/ día
- Colocación aleatoria de BCR 8m3: 20 U/ día
- Colocación uniforme de BCR 8m3 20 U/ día
- Control del núcleo con la mira + corrección con cucharón o garra : 10 perfiles / día

Estos ratios incluyen los controles y las correcciones.

Parámetros para evaluar la practicabilidad:

- Paradas mecánicas : 5% de todas las actividades
- Paradas por fenómenos naturales :Lado de la orilla : 0%
- Lado del puerto : Colocación de las capas de protección o BCR : 10%
- Progreso del núcleo : 23%

### Otras interrupciones

- Enero y febrero: 25% (Interrupción del tráfico causado por trabajos en el muelle)

## 8.5 MATERIALES

### 8.5.1 Rocas

El material usado en la mayor parte de la estructura es el perteneciente a la capa de filtro del rompeolas que sumado al material de núcleo equivalen a casi un 90% del material total, mientras que el material de las capas de protección asciende hasta un 10 % aproximadamente.

- Clase A1 : 2-6 ton
- Clase A2: 2-3 ton
- Clase A3: 4-6 ton
- Clase C: 0.4- 2 ton
- Clase D: 1- 500 Kg.

#### 8.5.1.1 Propiedades intrínsecas:

Son las propiedades que derivan de las características geológicas de la roca, de su formación

- Densidad<sup>3</sup>:

Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>).

La determinación de la densidad de la roca es importante debido a correlación que existe entre densidad y durabilidad así como al uso de la densidad en ecuaciones de estabilidad para rocas de las capas de protección. Para los cálculos de estabilidad es necesario conocer la densidad de colocación o densidad aparente.

Densidad aparente no es una propiedad intrínseca de la roca. Se define como la masa total que está contenida en un volumen determinado, este volumen incluye los vacíos. La densidad aparente siempre será menor que la densidad intrínseca del material y es utilizada para los cálculos de estabilidad geotécnica del rompeolas.

- Absorción:

La absorción  $W_A$  (-), está definida como la relación de la máxima de agua que puede ser absorbida sobre la masa seca de la roca.

<sup>3</sup> Diccionario de la lengua española / Real Academia Española-- [22ª ed.]-- Madrid: Espasa Calpe, 2001 2 v.

$$WA = (pw/prock) \times p/(1-p)$$

La variación de la densidad de la roca es un buen indicador de la variación en la calidad del material y debería ser testeada en el momento que se tenga sospechas de la variación. En general la variabilidad de la densidad de un tipo de roca en la cantera está limitada a que el 90% del material no deberá ser menor que la densidad promedio menos 100 Kg, variaciones más altas se podrían atribuir a variaciones en el tipo de roca, en cambios en la fuente o a zonas intemperizadas.

Materiales con densidades bajas tienden a tener una durabilidad limitada causada generalmente por la alta porosidad que presenta el material, las normas europeas recomiendan no usar fuentes con densidad menores de 2.30 ton/m<sup>3</sup>.

El diseñador selecciona una densidad por defecto, tal como 2,7 t / m<sup>3</sup> o una densidad conocida de la fuente a utilizar con la finalidad de preparar el diseño, especificar la gradación de la capa de protección y determinar las dimensiones de los distintas capas.

Para la misma estabilidad hidráulica, el diseñador está interesado en la reducción o aumento del peso promedio, el M50, la masa total de la capa de protección, el número de piedras y el espesor de la capa, ya que éstos están influenciados por cualquier cambio en la densidad.

- Abrasión:

Es la cantidad de desgaste que experimenta la roca cuando es sometida a diferentes factores externos que puedan afectar su cantidad de masa inicial. Se calcula con el ratio entre la masa final de la roca y la masa inicial.

#### *8.5.1.1.1 Propiedades que son afectadas por la producción*

Son propiedades que se ven afectadas por el método de extracción del material, por el diseño de los taladros de la voladura y por la geología del banco explotado.

- Factor de forma.

Esta propiedad es particularmente importante para la capa de protección la cual es colocada individualmente por encima del agua, ya que puede afectar significativamente su estabilidad.

Para cualquier tamaño de partículas en un material granular grueso, los factores que rigen la porosidad en la colocación son el tamaño y la forma de distribución, por tanto, tiene un efecto indirecto sobre la fuerza de corte, la permeabilidad y las propiedades de filtro del núcleo.

- Gradación- Peso del bloque y tamaño.

La forma y la distribución del material son parámetros fundamentales para determinar el acomodo de las rocas durante su colocación.

Si un material está bien gradado, la densidad aparente será mayor y por lo tanto disminuirá la porosidad.

Para las rocas que forman parte de las capas de protección es importante considerar los valores de M50 y Mem (peso promedio) que derivan de las pruebas que se realizaron durante la etapa de diseño.

Mientras que para la roca que forma parte del núcleo y que solo es utilizada para relleno la propiedad más importante a cumplir es D85 y D15 que determinaran la compatibilidad para formar un filtro con las capas adyacentes.

#### 8.5.1.2 Evaluación y testeo

##### 8.5.1.2.1 *Test de gradación*

Para la realización del test de gradación se procede a seleccionar una muestra lo suficientemente grande como para obtener un resultado representativo de la pila a ser evaluada.

De acuerdo a las recomendaciones *Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. CIRIA, London, el tamaño de la muestra deberá ser de aproximadamente 200 rocas, que serán extraídas a manera de por lo menos 3 sub muestras de la pila o stock pile.

Las rocas son pesadas una por una para obtener el porcentaje acumulado de rocas que son más ligeras que un valor determinado.

Figura 6: Pesado de rocas durante el test de gradación.



Fuente: *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. CIRIA, London.

Dependiendo de la capacidad de la balanza con la que se cuente en obra, se considerara un método de pesado alternativo, como colocar la roca en un volquete utilizar la balanza de piso.

Los requerimientos referidos a la gradación del material que se utilizara en el proyecto están descritos en la tabla siguiente:

Tabla1: Requerimientos de gradación.

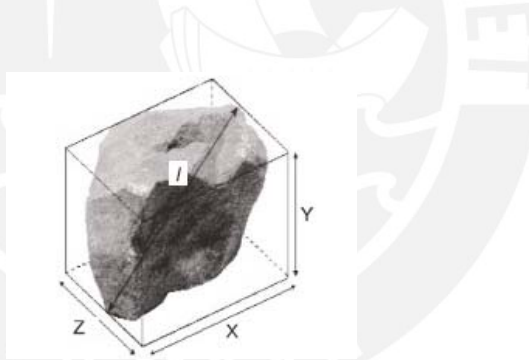
Material	Requisitos de gradación						
	Peso max. (ton)	Peso min. (ton)	Peso prom. (ton)	W50 (ton)	Tolerancias		Factor de forma
					Maximo	Minimo	
Rear Armour (A1)	6 t	2 t	Min 3,92	4.20	30% mayor que 6t	10% menor que 2t	2
Toe of BCR (A2)	3 t	2 t	Min 2,47	2.30	30% mayor que 3t	10% menor que 2t	2
Toe of BCR (A3)	6t	4t	Min 5,00	4.70	30% mayor que 6t	10% menor que 4t	2
Core (C)	2 t	0,4 t	1,19 ton	1.1	30% mayor que 2t	10% menor que 0,4t	2.5
Core (D)	500kg	1kg	-	30 kg	30% mayor que 500kg	10% menor que 2kg	3

Fuente: Autor

### 8.5.1.2.2 Test de forma

Para el test de forma se toma una muestra de 50 rocas y se medirá la longitud máxima y mínima. Longitud-espesor, LT (-), se define como la longitud máxima, l (m), dividido por la distancia mínima, e (m), entre las líneas paralelas a través de la cual las partículas pasan. Esta relación se denomina relación de aspecto.

Figura 7: Factor de forma



Fuente: *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London

Una tolerancia recomendada para la excedencia del factor de forma especificado es de 5%.

Para mantener un registro durante la realización de los ensayos de gradación y de factor de forma se recomienda la utilización del formato siguiente:

Tabla 2: Registro de inspección para el test de gradación.

		REGISTRO DE INSPECCIÓN Test de gradación y de forma			Test N°	
					Rev.: 01	
					Fecha:	
Clase de Roca :						
Fecha:			l: Dimension mas larga (Longitud)			
Ubicación						
Peso a aprobar :			e: Dimension mas pequeña			
Sample No	l (m)	e (m)	l/e	Peso (t)	Observaciones	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
					menor de 2t	
Peso Total (Ton)						
Peso promedio (Ton):						
Rocas con l/e >2					%	
Rocas menores de 2t < 10%					%	
Rocas menores de 6t < 30%					%	
Ingeniero de campo			Ingeniero de QC			

Fuente : Autor

Tabla 3: Registro de inspección para el test de gradación.

<b>REGISTRO DE INSPECCIÓN</b> Test de gradación y de forma		Certificado N°
		QUA-Mat-XX
		Rev.: 01
		Fecha:
<b>ROCK CLASS : A1 ( 2 t - 6 t )</b>		
Fecha: Ubicación: Peso a aprobar :		
<b>Data</b>		
Pesos (x)	Peso mas ligero que (x) (t)	% acumul.
1.5		
1.8		
2		
2.2		
2.4		
2.6		
2.8		
3		
3.2		
3.4		
3.6		
3.8		
4		
4.2		
4.4		
4.6		
4.8		
5		
5.2		
5.4		
5.6		
5.8		
6		
6.5		
7		
7.5		
9		
Total	(1)	Ton

	l/e	Peso (t)	%
Peso total	-		-
Peso promedio	-		-
W50	-		-
#de rocas l/e >2,0		-	
Rocas menores de 2t < 10%	-		
Rocas mayores de 6t < 30%	-		

	ELL	NLL	NUL	EUL
Parametros requeridos	<5%	<10%	>70%	>97%
2-6 ton	1.4	2.0	6.0	9.0

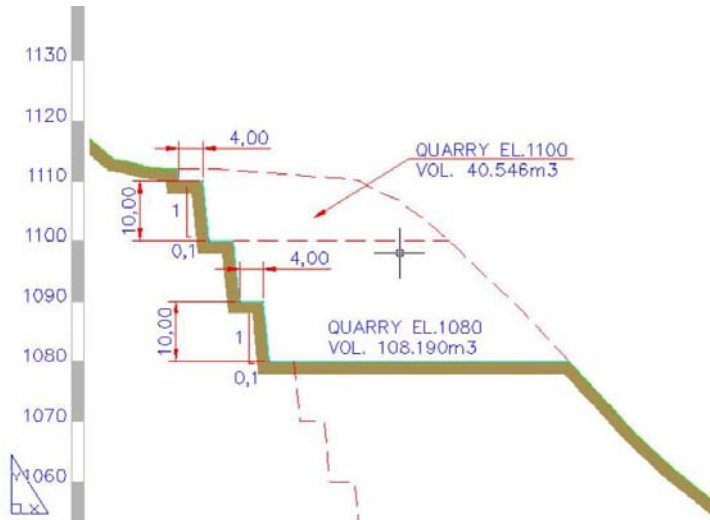
  

QC	Construcción	Cliente
----	--------------	---------

Fuente: Autor



Figura 9 - Esquema de explotación



Fuente: Plan de operación de cantera

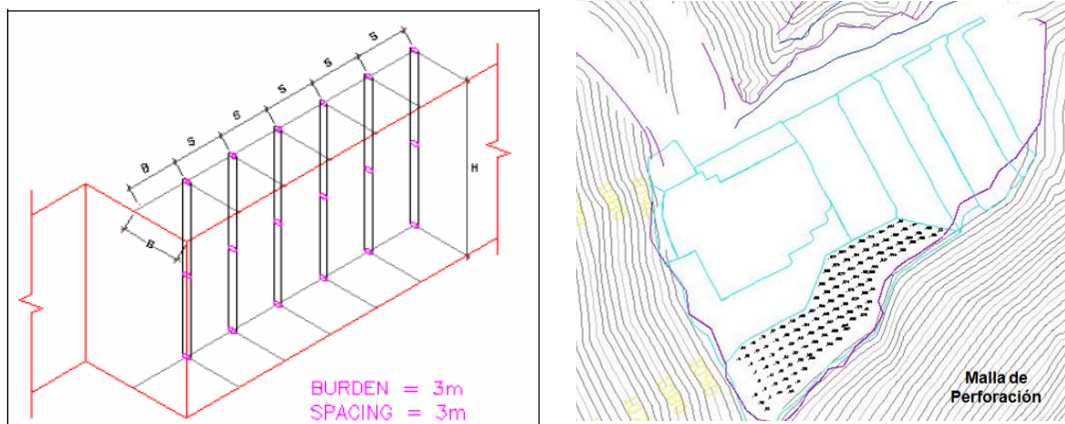
- **Perforación:**

Es la operación de preparación de una voladura. Durante esta operación se realizan huecos cilindros que serán conocidos como taladros.

La perforación se iniciara en la cara libre del talud, desde donde el cual se medirá una distancia para el primer taladro, esta distancia se conoce como burden.

Para la obtención de las rocas en las dimensiones deseadas se ha estimado un diseño de la malla de perforación, durante el diseño se definen parámetros como el burden, el espaciamiento entre perforaciones, la sobreperforación, el diámetro del taladro, la inclinación y la longitud.

Figura 10.- Esquema de malla de perforación



Fuente: Plan de operación de cantera

- Voladura

La voladura que se empleara es el método de voladura por filas.

El plan de extracción tratará de adherir la pendiente de la cantera a la pendiente natural del terreno, tanto como sea posible. La calidad de la roca permite pendientes muy pronunciadas sin riesgo de deslizamiento de tierra.

Para evaluar la calidad del disparo se cuenta con un software que evalúa la granulometría de las rocas que se obtienen mediante la toma de fotografías. Este software permite tener una referencia de la granulometría que se ha obtenido como resultado de la voladura, para saber si el patrón utilizado es el correcto o se deberá modificar.

#### 8.5.1.3.6 Carguío, transporte y acarreo

El proceso de carguío y transporte estará dividido en tres fases, cada una con sus propias características debido al tamaño de material, distancias de transporte y el equipo a ser utilizado:

- De la cantera hacia la zaranda: Roca tipo D
- De la cantera hacia K4 y K5: Roca tipo A1, A2, A3 y C
- De la zaranda hacia K5: Roca tipo D ya zarandeado
- De las zonas de almacén hacia el rompeolas.

Inicialmente se considerará sólo el carguío y transporte desde la cantera hacia la zona de almacenamiento.

Después el material requerido para la construcción del Rompeolas será enviado desde la zona de almacenamiento hacia su posición final.

Un Tractor de Orugas ayudará en la pre-selección del material de acuerdo a sus dimensiones, Mientras que el carguío y transporte depende del tamaño y del peso de cada material.

El material de roca es seleccionado y cargado usando una Excavadora hidráulica, éste material es transportado hacia el área de selección y desde ahí hasta el área de almacenamiento, adicionalmente el área de almacenamiento recibe también material directamente de la cantera.

Para el transporte desde la cantera hasta el área de selección y desde la cantera hasta el área de almacenamiento se usaran camiones Volquetes de 12m<sup>3</sup> y/o 15 m<sup>3</sup>.

El material de filtro será llevado por los camiones Volquetes hacia la zaranda donde será separado para posteriormente ser cargado y transportado al área de almacenamiento.

El material que pasa a través de la zaranda será cargado por los volquetes y acarreado hacia el Botadero.

8.5.1.3.7 Acarreo:

Entre los principales conceptos que se deberán tener en cuenta para el acarreo es el de reducir la distancia de transporte, facilitar el movimiento de las maquinas mientras se están acarreado o cargando el material. También se limitara la altura de las pilas para evitar la fisuración y deslizamiento del material.

**8.5.2 Bloques ranurados de concreto (BCR)**

Cuando la roca que se obtiene de las canteras disponibles en la zona de construcción no cumpla con los requerimientos de la roca necesaria para las capas de protección entonces se podrá hacer uso de unidades de concreto prefabricadas, esta decisión es contemplada durante el diseño del rompeolas.

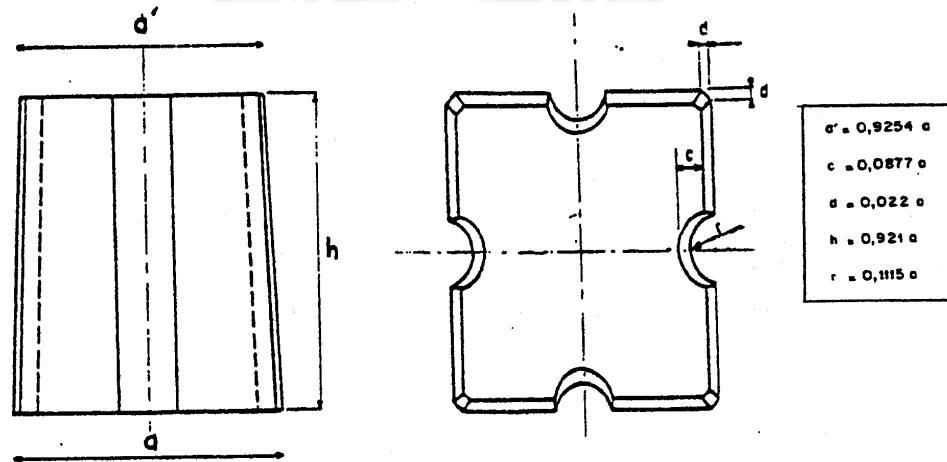
Las unidades de concreto están sujetas a diversas condiciones de carga, entre las posibles causas de deterioro de las unidades están relacionadas a la manipulación durante la construcción, al movimiento generado por el romper de las olas, es por eso que es necesario asegurar previamente la integridad de los bloques.

Los bloques usados en este proyecto son bloques de concreto no reforzado de 5 m<sup>3</sup> y 8 m<sup>3</sup>.

La resistencia requerida para el concreto usado en la fabricación de estos bloques es de 26 MPa.

Para garantizar la calidad de los BCR y adicionalmente a las pruebas comunes en la fabricación de estructuras de concreto estos bloques se someten a pruebas de durabilidad de integridad y de peso.

Figura 11.- Geometría de los BCR



Fuente: Documentación interna de obra

8.5.2.1 Propiedades intrínsecas de las unidades de BCR

8.5.2.1.8 *Densidad del concreto.*

La densidad del concreto de las unidades usadas para las capas de protección generalmente varía entre 2.35 y 2.4 ton/m<sup>3</sup>, las densidades utilizadas pueden ser mayores pero el beneficio de tener unidades más pesadas deberá compensar el costo adicional de tener agregados especiales con mayor peso específico.

En este proyecto usaremos unidades con una densidad de 2.4 ton/m<sup>3</sup>. Este requerimiento obedece a los valores obtenidos en el cálculo de estabilidad hidráulica.

8.5.2.1.9 *Propiedades de los materiales que conforman el concreto*

- Agregados.

El concreto de los BCR utiliza agregados gruesos con tamaños nominales máximos entre 20 m hasta 40 mm. Se recomienda utilizar agregados de mayor tamaño nominal para que el calor de hidratación del concreto sea menor. En el presente proyecto utilizaremos agregado que cumple con los requerimientos de huso #467.

Adicionalmente los agregados gruesos y finos deben cumplir con el ASTM C33.

- Cemento

Se recomienda utilizar cemento de bajo calor de hidratación. Se tomo una decisión entre el Cemento tipo IP y el tipo V, se opto por el cemento tipo V por tener mayor peso específico.

Para el diseño de mezcla existen algunas recomendaciones de prácticas europeas para el contenido mínimo de cemento dependiendo del diámetro nominal del agregado grueso utilizado.

Tabla 4: Contenido mínimo de cemento de acuerdo al diámetro nominal del agregado grueso

Clase	Diámetro nominal ( mm)			
Mínimo Cont. de cemento	25	40	60	80
= $550/D^{1/5}$	290 Kg	265 Kg	245 Kg	230 Kg

Fuente: F12254-CDB-W01-MET-SPC-10051-Concrete BCR specification

El cemento deberá cumplir con los requerimientos establecidos en la norma ASTM C150

- Agua

El agua debe ser potable o cumplir con los requerimientos establecidos en el ASTM C 1602.

8.5.2.1.10 Resistencia del concreto:

El concreto debe cumplir con determinadas características que aseguran el cumplimiento de las características necesarias para las unidades de la capa de protección del rompeolas.

Entre los parámetros importantes para controlar se encuentran la densidad de la mezcla, la cual será determinante para el peso de las unidades, la relación agua/cemento es importante para asegurar la durabilidad de la mezcla ante el ingreso de los cloruros.

Tabla 5: Especificaciones para el concreto a utilizar.

criterio	Especificado		Observaciones
Densidad mínima	En general		En caso que la densidad mínima no sea alcanzada, se deberá realizar una corrección en el cálculo de estabilidad
	(2.40 t/m <sup>3</sup> )		
Máxima relación agua/cemento	0.55		La relación agua/ cemento es calculada considerando el agua absorbida por los agregados y de los aditivos.
Máxima temperatura durante el concretado	35°C		Si es necesario se utilizara agua helada.
Resistencia a la compresión a 28 días	Resistencia mínima de un espécimen	Resistencia promedio de la muestra (3 probetas)	De acuerdo con la norma ASTM C39
	23 MPa	26 MPa	
Resistencia a la flexión a 28 días	= 2 MPa		Flexural strength test according ASTM C78

Fuente: F12254-CDB-W01-MET-SPC-10051-Concrete BCR specification

Para el inicio de la producción de estos bloques, se realizarán tres pruebas de laboratorio y una a escala de producción (mínimo de 2m<sup>3</sup>). En dichas pruebas se realizaran todos los ensayos que aseguren el cumplimiento del concreto con las propiedades mencionadas en la Tabla 5.

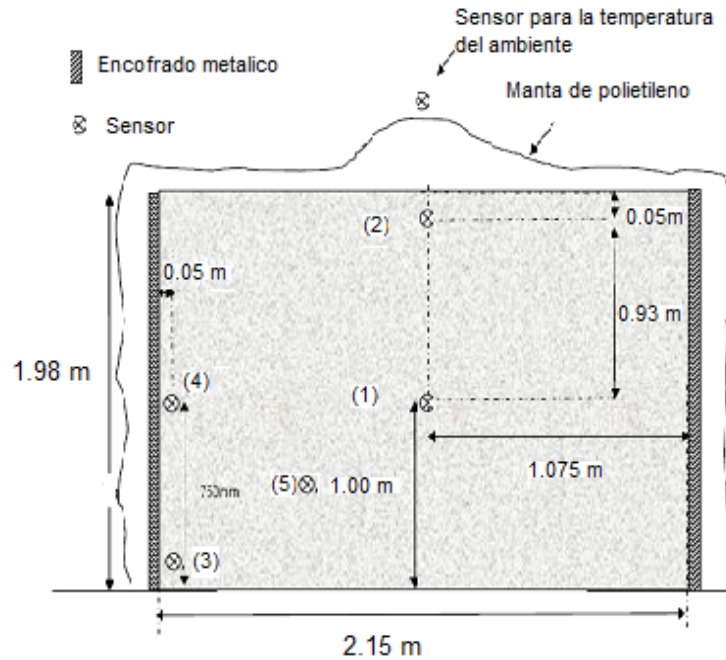
Adicionalmente, por tratarse de un concreto masivo se realizaran pruebas de calor de hidratación de la mezcla.

- Prueba de Calor de Hidratación para la mezcla de concreto:

Este ensayo consiste en evaluar el gradiente de temperatura entre el núcleo del bloque y la parte externa en una estructura de las mismas dimensiones que los bloques a producir.

Para efectuar dicha medición se colocarán termocuplas de acuerdo a la siguiente disposición:

Figura 12: Colocación de sensores de temperatura



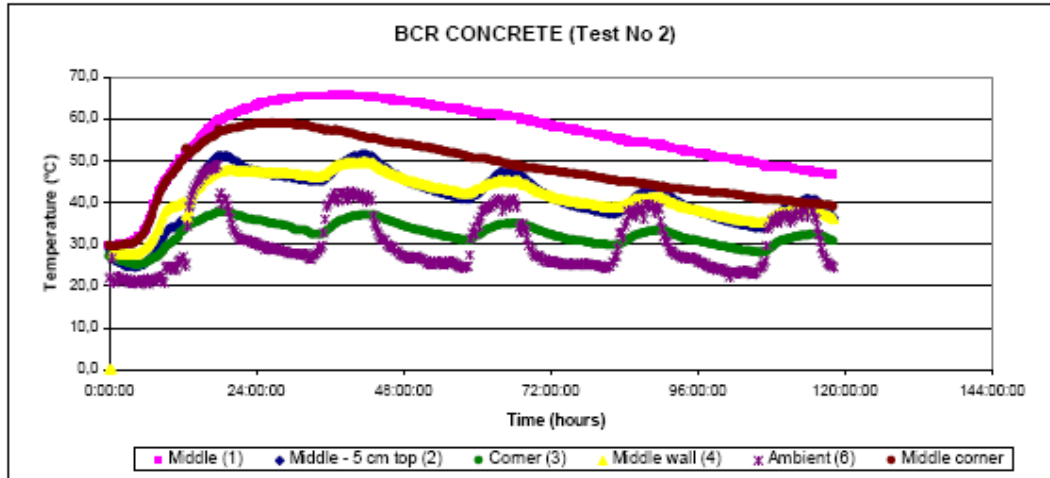
Fuente: Documentación interna de obra

La evolución de la temperatura del concreto endurecido se realizará mediante los sensores embebidos en el bloque, con la finalidad de obtener el gradiente de temperatura a través de la estructura. Las termocuplas serán conectadas a sensores captadores de data que registrarán la información cada 15 minutos durante un periodo de 5 días. La colocación de los sensores seguirá el siguiente orden (Véase Figura 12: Colocación de sensores de temperatura):

- (1) Núcleo de BCR
- (2) En el centro de la superficie superior del BCR, a 5 cm de la superficie.
- (3) A 5cm de la esquina del bloque
- (4) En el centro de la superficie lateral del BCR, a 5 cm de la superficie.
- (5) Entre la esquina y el núcleo del bloque
- (6) Ambiente

Luego de transcurrido el periodo de captación de información se procederá al procesamiento de la data. El software utilizado nos da como resultado la temperatura en cada punto de manera simultánea, con la información obtenida se calcularán los deltas de temperatura entre los sensores que están cercanos a la superficie y el que está ubicado en el núcleo del bloque.

Figura 13: Gráfico del test de evolución de temperatura



Fuente: Autor

Luego de el procesamiento de la data se deberá evaluar en que momento se producen los gradientes más altos, de esta manera se podrá evaluar si el concreto testeado posee la resistencia necesaria para soportar dichas variaciones.

Tabla 6: Resumen del test de evolución de temperatura

Evolución de la temperatura		
Valor máximo		65.6 °C
Diferencial máximo	Centro(1)-esquina(3)	33.2°C
	Centro(1)-Centro superior(2)	21.3°C
	Centro(1)-Centro lateral(4)	19.8°C
Tiempo en que se alcanzan los valores más altos	Máximo valor	37 horas
	Max. Centro(1)-esquina(3)	35 horas
	Max. Centro(1)-Centro Superior(2)	33 y 57 horas
	Max. Centro(1)-Centro lateral(4)	33-34 horas

Fuente: Autor

De acuerdo a recomendaciones de la Portland Concrete Association el gradiente máximo no debería exceder de 20C<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> [http://www.cement.org/tech/cct\\_mass.asp](http://www.cement.org/tech/cct_mass.asp)

#### 8.5.2.1 Prueba de pesaje de BCR:

Para asegurar que la densidad requerida por la estructura es alcanzada se deberá realizar el pesado del 2 % de los bloques de manera aleatoria.

#### 8.5.2.2 Pruebas de durabilidad de los BCRs

Para demostrar la integridad estructural de los bloques durante la manipulación debemos realizar pruebas de caída y de impacto.

Se deberá realizar estos test tan pronto como el BCR haya finalizado el curado, o a la edad mínima en la que se desea empezar con la manipulación de los bloques en el rompeolas. Si hay suficiente tiempo entre la producción y el inicio de la manipulación es preferible esperar por lo menos a los 28 días.

##### 8.5.2.2.11 Test de rodadura.

Como se muestra en la siguiente fotografía, los bloques de concreto son empujados usando un montacargas o una excavadora. El BCR se coloca apoyado en una de sus aristas y se deja caer libremente sobre su lado adyacente.

La superficie sobre la cual se dejara caer el bloque deberá ser de igual o mayor resistencia que el BCR, en obra usamos una superficie de 50 cm de peralte con acero refuerzo y con un concreto de 40 MPa.

Con la finalidad de obtener resultados validos para un análisis estadístico se repetirá el test hasta alcanzar la falla, que en términos de contrato se alcanza cuando el bloque pierde más del 10% de su masa inicial.

Figure 14: Test de rodadura



Fuente: Autor

#### 8.5.2.2.12 Test de caída:

Se iza el BCR hasta una altura igual a la dimensión mas grande del BCR y se suelta en caída libre. En nuestro caso la altura es igual a 2m.

Para obtener resultados validos para un análisis estadístico se repetirá el test hasta la falla del bloque.

Figure 15: Test de caída



Fuente: Autor



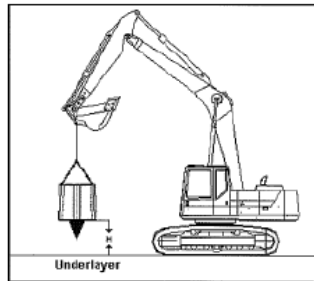
Tabla 7: Registro de test de caída.

		PROYECTO Registro de Inspección					Fecha:												
		Ret. <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Job code</td> <td style="width: 15%;">Origin</td> <td style="width: 15%;">Unit</td> <td style="width: 15%;">QUA</td> <td style="width: 15%;">ITR</td> <td style="width: 15%;">Seq. No.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Discipline</td> <td>Doc Type</td> <td></td> </tr> </table>					Job code	Origin	Unit	QUA	ITR	Seq. No.				Discipline	Doc Type		Rev:
		Job code	Origin	Unit	QUA	ITR	Seq. No.												
			Discipline	Doc Type															
					Pag: 1 / 1														
Supervisión (CONTRATISTA o CLIENTE) :			Teléfono:		E-mail :														

**BCR Durabilidad- Registro del test de caída**

Item(s) ID :	Disciplina :
ITP Ref. : <a href="#">F12254-CDB-W15-QUA-ITP-600115</a>	Sub-Contrat. : <a href="#">No aplicable</a>

**Test de caída:**



- Código de BCR : \_\_\_\_\_  
Peso inicial: \_\_\_\_\_ Ton

# caída	Pérdida de peso	
	Kg.	%
1 <sup>ra</sup>		
2 <sup>da</sup>		
3 <sup>ra</sup>		
4 <sup>ta</sup>		
5 <sup>ta</sup>		
Total		

Pérdida final: \_\_\_\_\_% ≤ 10 %Peso inicial  OK

Peso Final: \_\_\_\_\_Ton

Aprobación				
Organización	SUB-CONTRATISTA o CONTRATISTA	CONTRATISTA	TERCERA PARTE	CLIENTE
Aprobado (S o N)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Función	Producción	Control de calidad	Tercera Parte	Control de construcción
Nombre				
Firma y fecha				

ITR: F12254-CDB-W15-QUA-ITP-600115 // 006

Fuente: Autor

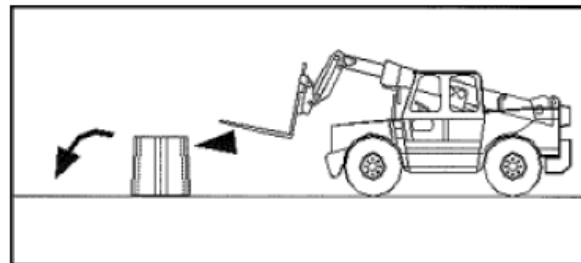
Tabla 8: Registro de test de rodadura.

		PROYECTO Registro de Inspección					Fecha:						
		Ref. <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 100px;">Job code</td><td style="width: 100px;">Origin</td><td style="width: 100px;">W15</td><td style="width: 100px;">QUA</td><td style="width: 100px;">ITR</td><td style="width: 100px;">Seq. No.</td></tr></table>					Job code	Origin	W15	QUA	ITR	Seq. No.	Rev:
		Job code	Origin	W15	QUA	ITR	Seq. No.						
					Pag: 1 / 1								
Supervisión (CONTRATISTA o CLIENTE):			Teléfono:		E-mail:								

**BCR Durabilidad – Registro de test de rodadura**

Item(s) ID :		Disciplina :	
ITP Ref. :	<a href="#">F12254-CDB-W15-QUA-ITP-60115</a>	Sub-Contratista :	<i>No aplicable</i>

**Test de rodadura:**



- Código BCR :

Peso Inicial: \_\_\_\_ Ton

# caída	Pérdida de peso	
	Kg.	%
8 <sup>va</sup>		
Total		

Perdida Final: \_\_\_\_\_ % ≤ 10 % Peso Inicial     OK

Peso final: \_\_\_\_ ton

Aprobación				
Organización	SUB-CONTRATISTA o CONTRATISTA	CONTRATISTA	TERCERA PARTE	CLIENTE
Aprobado (S o N)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Función	Producción	Control de calidad	Tercera Parte	Control de construcción
Nombre				
Firma y fecha				

ITR : F12254-CDB-W15-QUA-ITP-60115 // 005

Fuente: Autor

8.5.2.3 Producción de los BCR

El concreto será producido en una planta de dosificación automática.

Para la producción de BCR se contara con 42 moldes de 5m<sup>3</sup> y 10 moldes para 8 m<sup>3</sup>, este dimensionamiento está basado en que los requerimientos de bloques de 5 m<sup>3</sup> son de 12000 unidades mientras que los de 8 m<sup>3</sup> es son 2000 unidades.

Tabla 9: Registro de la inspección antes del vaciado

PROYECTO Registro de Inspección		Fecha:
Ref. _____		Rev:
Seq. No. _____		Pag: 1 / 1
Supervisión (CONTRATISTA o CLIENTE) :		Teléfono:
		E-mail : xxxxx@xxxxxx

\* = Para los trabajos realizados por subcontratistas; \* = Para los trabajos realizados por el contratista.

**Inspección antes del vaciado**

Item(s) ID :	Disciplina :
ITP Ref. : <i>Identificación del plan de inspección</i>	Sub-Contratista No. : <i>No aplicable</i>

<b>Fecha de Inspección:</b>		<b>Planos No.</b>			
<b>Tipo de elementos:</b> <input type="checkbox"/> BCR <input type="checkbox"/> Otros					
<b>Código de los elementos:</b> _____ _____ _____ _____					
ITEM	Aprobación		OBSERVACIONES	Aprobación Final	
	Const.	QC		Const.	QC
Limpieza de encofrado					
Dimensiones de los encofrados					
Aplicación de desencofrante					
<b>Observaciones:</b>					<b>Fecha</b>

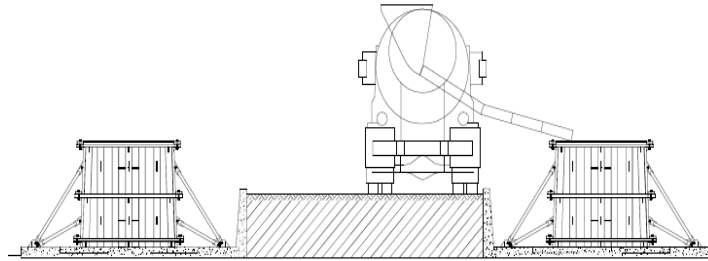
Aprobación				
Organización	SUB-CONTRATISTA o CONTRATISTA	CONTRATISTA	TERCERA PARTE	CLIENTE
Aprobado (S o N)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Función	Producción	Control de calidad	Tercera Parte	Control de construcción
Nombre				
Firma y fecha				

ITRF12254-CDB-W03-QUA-ITP-60115 // 002

Fuente: Autor

Para la realización del vaciado se construirá una rampa con material de relleno que permitirá al mixer subir una altura de 1.50 que el chute pueda ingresar en el encofrado hasta alcanzar la altura máxima de caída de 1.00 m.

Figura 16: Esquema de vaciado de BCR



Fuente: Documentación interna de obra

Antes de dar inicio al vaciado de los bloques de concreto se realiza una inspección de la condición de los encofrados, entre las verificaciones que se realizarán son la limpieza, la aplicación del desmoldante y las dimensiones de las formas.

El concreto será vaciado en capas de 50 cm y será compactada usando un vibrador de 3" de diámetro. Los BCR serán desencofrados cuando el concreto alcance una resistencia a la compresión de 6 Mpa y podrán ser izados y manipulados al alcanzar una resistencia a la compresión de 10 Mpa haciendo uso de eslingas.

Figura 17: Desencofrado e izaje de BCR



Fuente: Autor

Los bloques de BCR serán almacenados hasta una altura de 6m.

Durante la etapa de validación de la mezcla se hicieron ensayos de compresión en probetas a diferentes edades, para así poder conocer el momento en que se podía iniciar el desencofrado y el izaje.

Para la fabricación de los bloques se utilizó una mezcla de concreto con un contenido de cemento de 270 Kg/m<sup>3</sup> y con una relación agua/cemento de 0.53.

La resistencia de 6 Mpa se alcanzó a las 19 horas, hora en que se inicia el proceso de desencofrado, mientras que los 10 Mpa se alcanzan a las 24 horas, momento en el cual el bloque puede ser izado y almacenado.

Tabla 10: Registro de inspección para el concreto

<b>REGISTRO DE INSPECCIÓN</b>		Fecha:
Ref.:		Rev:
	Seq. No.	Page: 1 / 1

Responsable de la validación (Contratista or Cliente):	Teléfono:	E-mail:
<i>Control Calidad</i>		

\* = Para los trabajos realizados por subcontratistas; \* = Para los trabajos realizados por el contratista.

**Inspección del concreto antes del vaciado**

Item(s) ID:	Disciplina:	<i>Trabajo civil o estructura</i>
ITP Ref.: <i>Identificación del plan de inspección</i>	Sub-Contratista No.:	<i>No aplicable</i>

<b>Fecha de vaciado:</b>						
<b>Código de los elementos:</b>						
ITEM	1	2	3	4	5	6
Nº de mixer						
Nº guía de remisión						
Hora:						
Contenido de aire:						
Peso específico: $\gamma_c \geq 2.40 \text{ ton/m}^3$	W molde + W concreto (1)					
	W molde (2)					
	W concreto (3) = (2) - (1)					
	Vol molde (4)					
	$\gamma_c$ (3)/(4)					
Temperatura: (menor de 35°C)						
Slump: Mínimo: 8 cm Máximo: 10 cm						
Temperatura ambiente (°C)						
Observaciones:						
<b>Anexos:</b>	<i>[lista de documentos aplicables]; [planos]; etc.</i>					

Aprobación				
Organización	SUB-CONTRATISTA o CONTRATISTA	CONTRATISTA	TERCERA PARTE	CLIENTE
Aprobado (S o N)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Función	Producción	Control de calidad	Tercera Parte	Control de construcción
Nombre				
Firma y fecha				

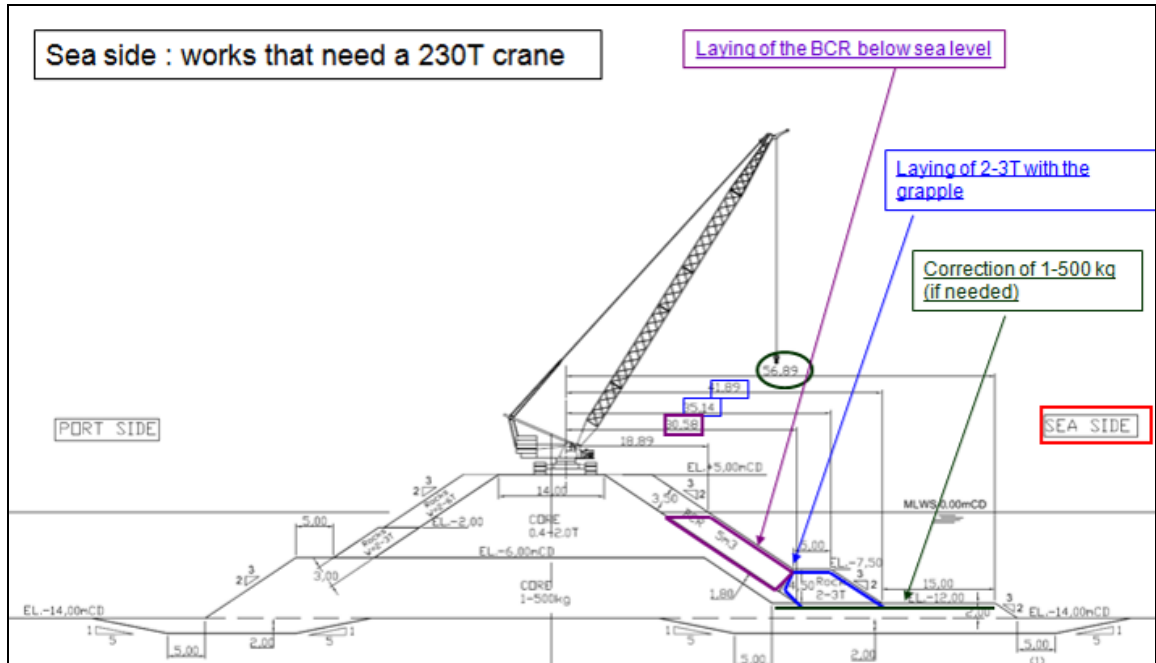
Fuente: Autor

8.6 EQUIPOS

La elección de los tipos de grúas que se requerirán para la ejecución del rompeolas está basada principalmente al tipo de actividades necesarias para la construcción.

Para la elección de las grúas se tomo en cuenta los pesos y las distancias máximas de maniobra, así como la disponibilidad de equipo en obra.

Figura 18: Distancias de maniobra de la grúa



Fuente: Documentación interna de obra

Entre el equipamiento principal requerido podemos encontrar:

Grúas y maquinaria pesada

Descripción	Tipo	Cantidad
Grúa de oruga	Terex – HC 275	1
Grúa de oruga	Manitowoc M250 Serie 2	1
Grúa de oruga	Kobelco	1
Grúa de oruga	Terex – HC 275	1
Excavadora	Komatsu - PC450LC	1
Excavadora	Komatsu - PC350LC	1
Bulldozer	Komatsu - D-155AX-6	2

Equipamiento para las grúas:

	M250	TEREX HC275	230T	150T	Compra
Sistema para colocación de BCR	1	1			2
Eslingas BCR 5m3	12500/200= 62 U				62
Eslingas BCR 8m3	1254/200= 6 U				6
BCR tenazas	2				2
Garra	1		1	1	3
Winche de colocación de BCR	1	1			2
Clamshell			1	1	2
GPS para rocas y el control	1	1	1	1	4
Rudomatic	1	1	1	1	4
Grupo electrógeno	1	1	1	1	4
Gancho de liberación automático	1	1	1	1	4
Gancho de liberación automático (repuesto)	1				1
Gancho para 2 o 3 cables	1	1	1	1	4
Mira para el control	2				2
Cazamba	1				1

Para movimiento de tierra :

	Total
Volquetes para las capas de protección	57
Excavadora PC450	3
GPS para excavadora	1
Retroexcavadoras	2
Cargador	1

Equipos específicos:

Descripción	Cantidad
Tenazas para la colocación BCR	2
Equipo para el monitoreo de la posición BCR	2
DGPS	2
Luminaria	Cuando sea necesario

## 8.7 CANTIDAD DE MATERIALES

Todo el material de cantera que será utilizado para la construcción del rompeolas principal está siendo almacenado en pilas ubicadas en plataformas dentro del proyecto y será cargado por camiones y enviado a través del muelle tanto para abastecer a la barcaza como para el vaciado directo a través del Puente temporal.

Con la finalidad de monitorear las cantidades enviadas, todos los camiones cargados serán pesados a través de una balanza para camiones de capacidad de 50 ton.

Los BCR serán cargados en una camabaja plana, si se trata de BCR de 5 m3 se enviaran 2 bloques por viaje pero si se trata de BCR de 8 m3 se enviara 1 por viaje.

Las cantidades estimadas para la construcción son:

	Densidad (ton/m3)	Volumen Teórico (m3)	Peso teórico (T)	Pérdida (%)	Total a producir (T)
1-500 kg	1.8	605921	1090658	1.1	1199724
Core 0,4-2T	1.8	310504	558907	1.07	598031
2-3T	1.9	32754	62233	1.05	65344
2-6T	1.9	33365	63394	1.05	66563
4-6T	1.9	1640	3116	1.05	3272
			<b>1778307</b>		<b>1932933</b>

BCR 5m3 random	12 553	U
BCR 8m3 random	507	U
BCR 8m3 uniforme	747	U

Las cantidades presentadas han sido obtenidas del modelo generado en el software Autocad Land.

## 8.8 PRUEBAS PREVIAS AL INICIO DE CONSTRUCCION

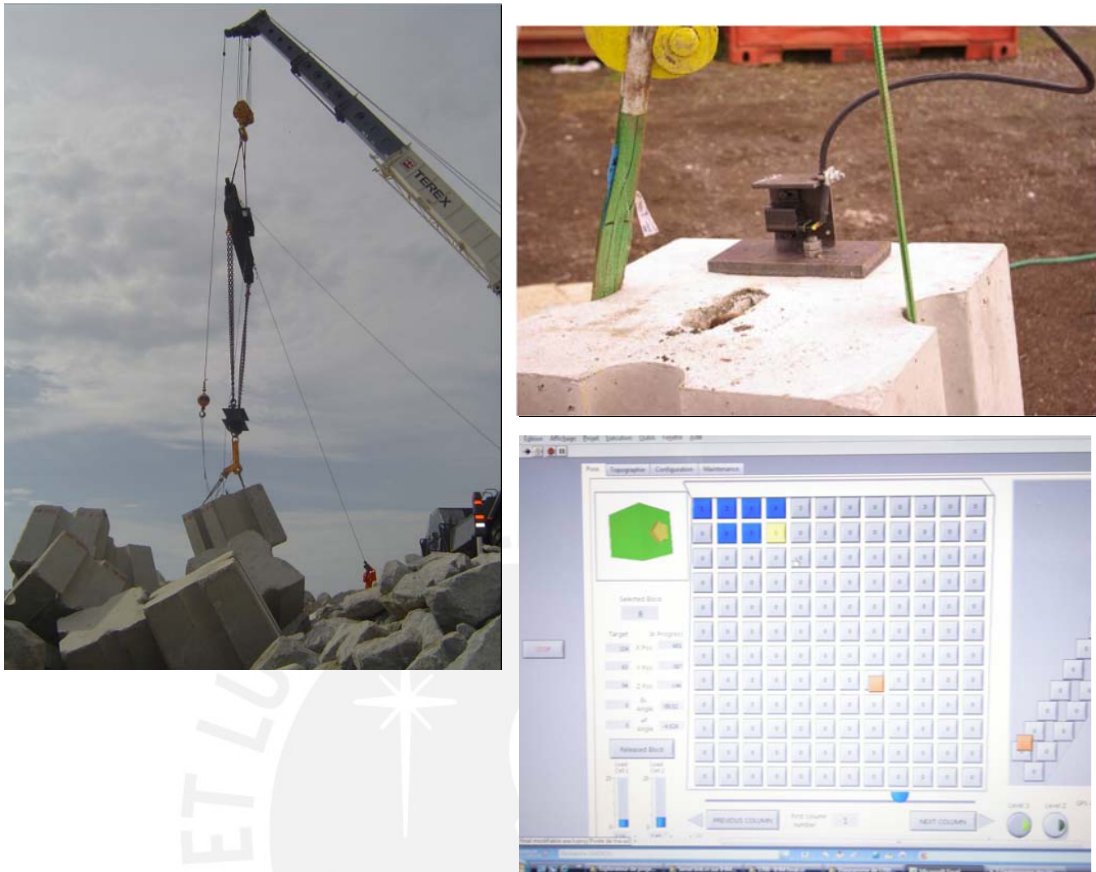
### 8.8.1 Prueba onshore de la calibración de los gps y del posicionamiento de los BCR.

La colocación de los BCR requiere conocer las coordenadas exactas en la que se ubicaran los bloques, con esta finalidad se instalara un sistema de GPS en cada una de las grúas.

La prueba de posicionamiento de los BCR tiene 2 objetivos, el primero es el de verificar el correcto funcionamiento de los GPS y el 2do es el de analizar las maniobras necesarias para lograr el patrón de colocación considerado en el diseño.

Para lograr un adecuado 'interlocking' entre los bloques estos son colocados en direcciones diferentes colocando los estrobos en una esquina y en el siguiente bloque en la esquina opuesta de esta manera los bloques no quedan en la misma posición.

Figura 19: Prueba de colocación de BCR



Fuente: Autor

Adicionalmente en la parte superior del bloque se colocara un inclinómetro que se utilizara como referencia para maniobrar y obtener la posición del bloque final deseada. Esta misma prueba se repetirá para la construcción de las cabezas redondeadas del rompeolas, donde el patrón de colocación es diferente.

### **8.8.2 Construcción de un panel de prueba-Test de porosidad**

Como su nombre lo indica esta prueba implica la construcción de un panel de prueba donde se evaluara la calidad en la colocación de las rocas.

Los resultados de esta prueba deberán ser aprobados por la ingeniería.

La realización de este test nos da una referencia inicial de las posibles dificultades que se puedan presentar durante la construcción.

El valor de la porosidad deberá estar indicado en el contrato para así poder delimitar la variación en el volumen colocado.

Esta prueba se realizara en el material destinado a las capas de protección y se replicara las condiciones de construcción es decir que el método de construcción del panel y medición topográfica serán los mismos que los que se utilizaran durante la construcción.

Los estándares permiten la utilización de una mira esférica cuyo diámetro sea igual a 0.50 Dn50.

Figura 20: Test de porosidad



Fuente: Autor

También se puede hacer la medición usando otro tipo de herramientas topográficas como los GPS, pero dependiendo de la metodología utilizada se tendrá que utilizar un factor de corrección para obtener el resultado.

La porosidad será calculada:

$$n_v = 1 - (\phi_b / \phi_a)$$

$\phi_b$ : Densidad de colocación

$\phi_a$ : Densidad intrínseca de la roca

Para un sistema de doble capa se podrán utilizar 3 métodos de medición topográfica:<sup>5</sup>

El de los puntos más altos.

El de método de la mira esférica.

<sup>5</sup> CIRIA, CUR, CETMEF (2007). The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition). C683, CIRIA, London

El método convencional.

Es de suponer que si se utiliza el método de los puntos altos el volumen obtenido será mayor y deberemos corregir el volumen, lo mismo sucede entre el método convencional y el de la mira esférica.

La diferencia que existe entre estos 3 métodos permite una corrección de los resultados, de acuerdo a la tabla mostrada.

Figura 21: Métodos de levantamiento y factores de corrección

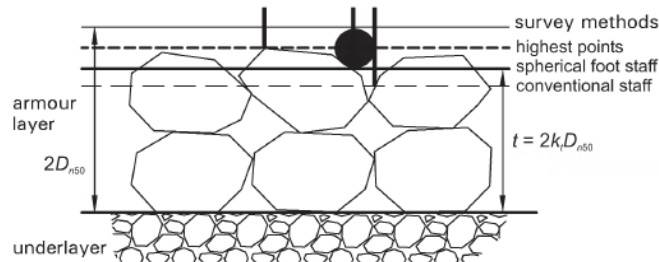


Figure 9.71 Effect of surveying methods on layer thickness for a double armour layer

Table 9.9 Survey method correction factors derived for double layers (Latham et al, 2002)

Location	Highest point correction		Conventional staff correction	
	$k_{thp} / k_t$	$n_{vhp} / n_v$	$k_{tcs} / k_t$	$n_{vcs} / n_v$
Beesands $D_{n50} = 1.30$ m	1.082	1.176	0.929	0.838
Reculver $D_{n50} = 0.90$ m	1.045	1.110	0.904	0.785
Recommended factors	1.06	1.14	0.91	0.81

Fuente: *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London

$n_{vhp}$  = porosidad obtenida con el método convencional, método de los puntos altos (-).

$n_v$  = Porosidad obtenida con el método de la mira esférica (-).

La finalidad de este test es conocer la porosidad potencial que presentara la roca de la capa de protección. Para de este modo definir las cantidades de roca en toneladas que ingresaran en el rompeolas y en una sección determinada.

## 8.9 CONSTRUCCION

El método de construcción que será utilizado debe asegurar que el daño a las capas inferiores sea mínimo protegiéndolas con la roca pesada tan pronto como sea posible. Una distancia común entre un frente y el otro es de 25 a 30 m dependiendo de las condiciones de cada proyecto.

La construcción se inicia con el transporte del material desde los lugares de almacenamiento hasta el lugar elegido para la construcción. El proceso de colocación del material se ha dividido en 2 etapas, primero se inicia la construcción por vía marina y luego en la tercera semana se traslapa con el inicio de la construcción vía el puente temporal.

### **8.9.1 Construcción marina: ( fondo marino – nivel – 6.00)**

Para realizar las operaciones de descarga de la roca se utilizara un Split Hopper Barge. Las rocas serán cargadas en una plataforma de carga y se transportaran con Split Hopper Barge su localización en el rompeolas, en donde las rocas serán descargadas.

#### 8.9.1.1 Batimetría inicial

Antes de iniciar el lanzamiento de la roca será efectuada una medición batimétrica para determinar las profundidades de dragado en las bases del rompeolas. Así como conocer la superficie marina en el lugar donde estará ubicado el rompeolas.

#### 8.9.1.2 Lanzamiento de rocas – Ciclos

Antes de iniciar las operaciones de lanzamiento, el área de trabajo del split barge será marcada en la pantalla de control de la barcaza.

El trabajo de colocación de la roca con un Split barge se puede ver como una serie continua de procesos independientes. Cada ciclo consiste de fases diferentes que serán ejecutadas una detrás de la otra.

El ciclo de lanzamiento puede ser dividido en 4 fases:

- Carguio del Split Hopper Barge con rocas.
- Navegación hasta el área designada en el main breakwater.
- Colocación de la roca en el lugar seleccionado.
- Retorno hacia el área de carguio.

#### 8.9.1.2.13 Carguio del Split Hopper Barge con rocas

El carguio de la barcaza con rocas será hecho en una plataforma construida para ayudar en el carguio de la roca. Para cada carguio se requerirá aproximadamente de 80 camiones

de 25 ton haciendo un total de 2000 ton. La cantidad de roca cargada varía desde las 1000 toneladas hasta las 4000 dependiendo del área a rellenar.

Figura 22: Carguío de la barcaza desde la plataforma.



Fuente: Autor

Para realizar un lanzamiento de rocas será utilizada una plataforma de 39m de ancho y el carguío y se hará con camiones de 25 toneladas de capacidad, llenando la barcaza con un índice programado de 600 toneladas/hora.

Antes de llegar a la plataforma de carguío cada carro será pesado en una balanza de piso con la finalidad de determinar su carga.

Para tener un adecuado seguimiento de la eficacia del ciclo de los camiones se deberá controlar con exactitud los tiempos de trabajo así como los tiempos muertos, para poder hacer un análisis que conlleve a un ajuste del ciclo de optimización de recursos, como por ejemplo mas volquetes o la identificación de las causas de la demora.

Para el registro de la data antes mencionada se recomienda la utilización del una plantilla basada en el formato siguiente.

Tabla 11: Registro de control de material entregado a la barcaza

CONTROL DE MATERIAL ENTREGADO A LA BARCAZA

Fecha	Ciclo (1)	Tipo de Roca (2)		Carguio de la barcaza (3) (4)		total horas de carguio (5)	Toneladas transportadas (6)	Ratio (T/H) (7)	viaje de descarga -barcaza (8) (9)		Hora barc -lista para carguio (10)	Turno (11)	Demoras (12) (13)		Observaciones	
		Hora inicial	Hora final	Hora inicial	Hora final				Hora inicial	Hora final						

RESPONSABLE \_\_\_\_\_

- (1) Numero de viaje durante todo el proceso de lanzamiento
- (2) Tipo de roca que se esta lanzando
- (3) Hora en que el primer volquete descargará la roca en la barcaza
- (4) Hora en que el último volquete descargará la roca en la barcaza
- (5) Periodo total de tiempo en horas
- (6) Peso total del material transportado
- (7) Ratio de colocación (6)/(5)
- (8) Hora en que la barcaza parte del la plataforma de carguio
- (9) Hora en que la barcaza parte del la plataforma de carguio
- (10) Hora en que la barcaza esta lista para iniciar las actividades de carguio
- (11) turno de trabajo día o noche
- (12) Si existiera alguna demora se registrará la hora de inicio de la demora
- (13) Si existiera alguna demora se registrará la hora de fin de la demora

Fuente: Documentación interna de obra

#### 8.9.1.2.14 Selección del área de lanzamiento

De acuerdo a los datos de la batimetría que son contrastados constantemente contra los niveles de diseño se decide en que área del rompeolas se procederá con el lanzamiento. Previamente se toma la decisión del lugar antes de solicitar la cantidad de roca a ser transportada, ya que en un lugar donde se está iniciando la actividad de lanzamiento se requerirá de mayor cantidad de roca que en un lugar donde se está alcanzando el nivel de diseño.

Figura 23: Barcaza o Split hoper barge



Fuente: [http://www.powertechchina.com/images/product\\_kawasaki\\_3.gif](http://www.powertechchina.com/images/product_kawasaki_3.gif)

Una vez que la posición requerida es alcanzada se procede a la apertura del Hopper split barge. El lanzamiento de la roca es una operación rápida que dura aproximadamente 2 minutos.

Para asegurar la extensión las cantidades colocadas, el área principal del rompeolas será dividida en zonas rectangulares de los 54m por 14m (igual al área de la tolva). Cada zona será identificada por un número. En una base diaria, después de reporte batimétrico del área principal del rompeolas se decidirá en que zonas se colocará la roca.

Se mantendrá un file de los volúmenes dispuestos cada rectángulo.

Al ir alcanzando las Alturas de diseño se tendrá que reducir la cantidad de rocas en cada viaje. La figura siguiente muestra donde se necesitara la reducción de carga.

#### 8.9.1.2.15 Regreso a la plataforma de carguío

Cuando la roca haya sido vaciada el Hopper del Split barge se cerrara y comenzara a navegar de regreso hacia la plataforma de carguío.

El ciclo del carguío entonces comenzará de nuevo.

La construcción del rompeolas será realizada en un ciclo de 24 horas en base de siete días hasta que se terminen los trabajos.

### 8.9.1.3 Actividades batimétricas.

Se contará con una barca que está encargada de la realización de la batimetría.

Durante las actividades de lanzamiento de roca se realizarán batimetrías con la finalidad de optimizar el proceso de construcción del rompeolas y alcanzar las alturas requeridas por el diseño. Los objetivos de los controles batimétricos son:

- Proveer información detallada para el Split Hopper Barge, para así decidir el lugar de colocación de los nuevos cargueros y a su vez para identificar la cantidad de roca necesaria para cada posición.
- Proveer información acerca del avance mensual y para propósitos de facturación.

La frecuencia de los controles batimétricos dependerá del progreso en el lanzamiento, se ha planificado realizar los controles 2 veces al día.

### **8.9.2 Construcción terrestre**

Para el inicio de la construcción por vía terrestre, se deberá tener acceso a la cresta del núcleo. Este criterio marca el nivel y el ancho de la plataforma de trabajo. El ancho debe ser el suficiente como para permitir la ejecución del trabajo, mientras que el nivel de la cresta deberá estar encima del nivel del agua y ser accesible durante la mayor parte del tiempo durante el ciclo de mareas (nivel +5.00CD con un ancho de plataforma de 14m).

Se colocará material fino para lograr una plataforma donde los vehículos con neumáticos puedan transitar sobre la cresta.

Para el inicio de las actividades de construcción del rompeolas principal el punto principal será la ejecución de la isla de material core delante del puente temporal ubicado al final del muelle para permitir la construcción del rompeolas.

Esto permitirá iniciar el vaciado de la roca sobre el nivel -6.00 con camiones a través del puente temporal.

#### 8.9.2.1 Secuencia de Actividades

La construcción del Rompeolas empezará desde el PM0 localizado en el centro del rompeolas.

El trabajo de construcción del rompeolas se realizará en 2 frentes simultáneos para lo cual se ha planificado contar con una cuadrilla de 8 personas por frente y un supervisor.

La cuadrilla está formada por un capataz, un operador de grúa, un controlador de piso y 3 maniobristas.

Los camiones empezarán a lanzar roca tipo C directamente desde el Puente temporal hasta alcanzar el nivel +5,00m sobre el material de filtro colocado previamente mediante la barcaza

Figura 24: Lanzamiento de las primeras piedras



Fuente: Autor

Cuando La sección PM0 este completa y sea lo suficientemente ancha para que los camiones puedan realizar la maniobra de dar la vuelta en la plataforma se organizaran 2 frentes y se procederá con las actividades de lanzamiento del core desde PM 0NP hasta PM 350NP y la parte sur desde PM 0SP a PM 350SP simultáneamente.

Durante esta etapa la primera grúa ingresara en la isla y empezara con las siguientes actividades:

- La berma del tronco del rompeolas que está situada en el lado del mar, colocando rocas tipo A2 desde el nivel -12.00m hasta -7.50m
- La colocación de los BCR de 5 m3 en la parte central o tronco desde el nivel -7,50m hasta +5.00 sobre el nivel del mar.
- El nivel superior del rompeolas se mantendrá en la cota +5,00m sobre el nivel del mar con la finalidad de tener una plataforma de 14m de ancho, sobre esta plataforma se colocara material entre 1-30 kg para obtener una superficie segura que pueda ser transitada por los camiones.

Cuando las actividades de colocación del material que conforma el núcleo estén aproximadamente por la sección NP 50 y SP50 la plataforma tendrá el ancho suficiente para permitir el ingreso de una segunda grúa. La segunda grúa será movilizada para ayudar en la construcción simultanea del lado sur y el lado norte. El vaciado del núcleo y la

colocación de la roca tipo A2 desde el nivel 12.00m a -7.50m y la colocación de los BCR de 5m<sup>3</sup> continuaran en estos 2 frentes. (Véase Anexo 6 – secuencia del rompeolas-paso2).

Cuando el rompeolas alcance una longitud de 140 m (70 m a cada lado) una tercera grúa ayudara en la colocación de la roca clase A2 desde -6.00m hasta -2.00m y de la clase A1 de -2.00m hasta +5.00m para proteger el lado de la orilla.

Cuando se alcance una longitud de 180m se adicionara una cuarta grúa para proteger el lado de la orilla en los 2 frentes de trabajo. (Véase Anexo 7 – secuencia del rompeolas-paso3 y Anexo 8 – secuencia del rompeolas-paso4).

cuando se alcance la ubicación de los extremos redondeados en ambos frentes de trabajo el vaciado del core será completado hasta el nivel +5.00 y se detendrán los trabajos hasta que se completen las siguientes actividades hasta el nivel +5,00m:

- La berma del lado del mar del tronco del rompeolas será completada con roca clase A2 desde el nivel -12m hasta el nivel -7.5m.
- Completar el pie de talud (lado de puerto) conformado por roca A2 desde el nivel -6,00m hasta el nivel -2,00m.
- La colocación de los BCR de 5m<sup>3</sup> BCR en el tronco en el lado del mar desde el nivel -7,50m hasta +5,00 sobre el nivel del mar
- Colocación de las rocas A1 en el lado de la orilla desde el nivel -2,00m hasta el nivel +5,00m
- Lado del mar de cabeza del rompeolas con roca clase A2 desde el nivel -12m hasta el nivel -7.5m ubicado en la base de 2capas de BCR de 8m<sup>3</sup> que serán colocados de manera aleatoria
- La berma del lado del puerto del los extremos redondeados, con roca clase A1 desde el nivel -12m hasta el nivel -7.5m colocado en la base de una capa de BCR de 8 m<sup>3</sup>.
- Construcción de 2 capas de 8m<sup>3</sup> BCR de manera aleatoria en el extremo redondeado en el lado del mar hasta el nivel +5,00m
- Construcción de una capa uniforme de BCR de 8m<sup>3</sup> BCR en el lado del mar del extremo redondeado hasta el nivel +5,00

La actividad de colocación del núcleo se finalizara hasta el nivel de diseño empezando desde la parte final PM 350SP hasta PM 0.

Finalmente, solo 2 grúas y una excavadora trabajaran en la finalización del núcleo hasta el nivel de diseño.

### 8.9.2.2 Desarrollo de la construcción

#### *8.9.2.2.1 Construcción del núcleo*

Una vez terminada la construcción del Puente temporal y que la barcaza haya lanzado la cantidad requerida para cumplir con el espesor de la capa de filtro se iniciaran las operaciones de lanzamiento terrestre.

Los camiones serán cargados en las zonas de almacenamiento K4 o K5 con roca clase C (0.4 hasta 2 ton) y lanzaran la roca directamente en el agua desde el Puente temporal.

El puente temporal termina 7m antes que el eje central del rompeolas, en dicho lugar las rocas tipo C serán lanzadas sobre la roca tipo D hasta alcanzar el nivel del puente temporal. Se construirá un acceso a la isla usando un material fino para permitir el acceso de los camiones. En esta etapa los primeros bulldozer serán movilizados (tipo CAT D7 o equivalente) para empujar el material de núcleo al mar.

El nivel de trabajo será +5,0 m sobre el nivel del mar y el nivelado será hecho utilizando una excavadora.

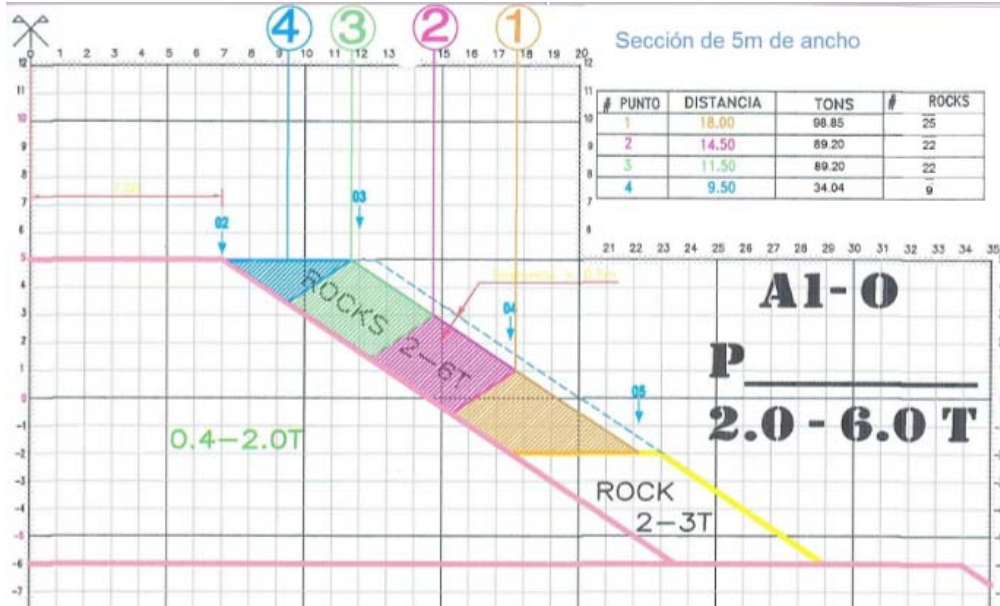
#### *8.9.2.2.2 Construcción de las capas de protección del tronco del rompeolas.*

El material que compone las capas de protección del rompeolas está constituido por roca de 2 a 3 ton, por la capa de BCR de 5 m<sup>3</sup> en el lado del mar, la capa de armour de 2 a 6 ton a lo largo del tronco del lado de la orilla. Dicho material será colocado con uno por uno con la ayuda de una excavadora de brazo largo para el caso de la roca A1 y con una garra para el caso de la roca A2. Los camiones serán cargados en las zonas de almacenamiento K4 o K5 y el material será colocado con la grúa. Esta actividad será realizada inmediatamente después del lanzamiento del material del núcleo con la finalidad de no tener material desprotegido. El progreso del trabajo será en dos frentes el lado norte y el lado sur

Para tener una idea aproximada sobre en qué momento se completó el perfil se han hecho cálculos para saber el número de rocas que compone cada perfil considerando un perfil de 5 m de ancho para cada lado, con una densidad de 1.9 ton/m<sup>3</sup>.

Luego de colocar la cantidad de piedras calculadas se procede a realizar un perfil topográfico usando una mira para verificar que se cumple con las pendientes y tolerancias del diseño.

Figura 25: Cantidad de rocas aproximadas por cada perfil de 5m



Fuente: Documentación interna de obra

En cada frente de trabajo un capataz supervisara las actividades de lanzamiento. La construcción del eje del rompeolas será chequeada diariamente por el topógrafo y será marcada mediante hitos en la roca. Cada 10 m, se realizara un perfil topográfico usando una mira para verificar que se está cumpliendo con las pendientes y tolerancias del diseño.

**8.9.3 Test de porosidad in situ**

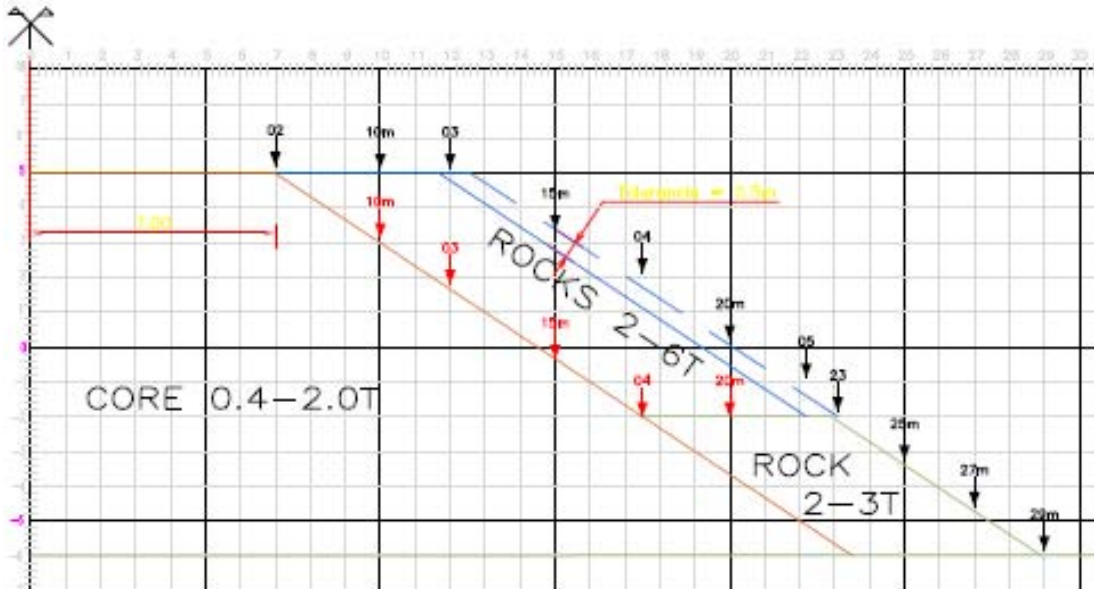
Entre los principales recursos utilizados para la realización de este test encontramos la excavadora, camiones, grúa de orugas de 90ton., el nivel, la mira utilizada para las batimetrías una sección del rompeolas previamente establecida y acordada con la supervisión.

Una vez elegida la sección donde se realizara el test se procede a la construcción de las capas que conforman el núcleo de la estructura (core 0.4 ton a 2 ton), cuando se finaliza la construcción del núcleo en la sección elegida se procede a realizar una batimetría para verificar que el material se encuentre dentro de las tolerancias requeridas.

Como se puede observar de acuerdo a nuestro diseño hay una capa de protección al pie del talud, que es previa a la capa de protección que será evaluada (clase A1), es por eso que para efectos del test y por contar este con una mayor cantidad de puntos de control, la verificación de estas capas se hizo simultáneamente(para la roca tipo A2 y tipo C), este control simultaneo fue realizado adicionalmente al control normal que se hace capa por capa durante la construcción de el rompeolas.

La malla de los puntos de control obedece a una densidad de un punto de control cada 2 metros en el perfil y cada perfil tomado cada 5m.

Figura 26: Puntos para control topográfico para el test de porosidad.



Fuente: Propia

El test se inicia con la batimetría del núcleo y del pie de talud (Clase C y A2), luego de la verificación que el núcleo y del pie de talud se encuentran dentro de las tolerancias se procederá a iniciar la colocación de la roca de la capa de protección. Las rocas de la capa de protección son colocadas una por una haciendo uso de la excavadora.

Figura 27: Colocación del material de la capa de protección



Fuente: Autor

La longitud para la realización del test de porosidad será entre 30m y 35 m.

Figura 28: Sección seleccionada de 35 m de largo para el test de porosidad.



Fuente: Autor

Se deberá registrar el peso de la totalidad de la roca colocada en la sección seleccionada. Luego de finalizar la construcción del perfil se realizara la batimetría final, y con los puntos obtenidos se procederá al cálculo del volumen.

El volumen podrá ser calculado de 2 maneras:

- Volumen 1: Considerando el área de cada sección y multiplicándolas por el ancho de la sección.
- Volumen 2: Usando el Auto CAD Land se generara una superficie con los puntos obtenidos de las batimetrías, el mencionado programa nos arroja tres valores para un volumen el de corte, el de relleno y el neto, el valor que se debe utilizar para el cálculo de porosidad es el de relleno.

Se deberá tener especial cuidado con los efectos de borde de cada perfil, adicionalmente se deberá tratar de replicar el fenómeno de borde del perfil inicial tan igual como sea posible en el perfil final.

Finalmente se procederá al cálculo de la porosidad.

$$nv = 1 - (\phi_b / \phi_a)$$

$\phi_b$ : Bulk weight density as laid

$\phi_a$ : Gravedad específica de la roca.

### 8.9.4 Colocación de los BCR

El ratio de colocación de BCR está estimado en 30 BCR/día para los de 5m<sup>3</sup> en el tronco del rompeolas mientras que el ratio de colocación para las BCR de 8 m<sup>3</sup> es de 20 unidades/día. Estos ratios se pueden ver afectados por las condiciones ambientales en el lugar de construcción.

Las unidades de BCR se colocan uno por uno haciendo uso de eslingas o estrobos y de un gancho de liberación automática.

El posicionamiento de los BCR es registrado para cada unidad, es por ese motivo que la grúa con la que se realizara dicho trabajo debe contar con un GPS que permita que el operador conozca la posición actual y la teórica.

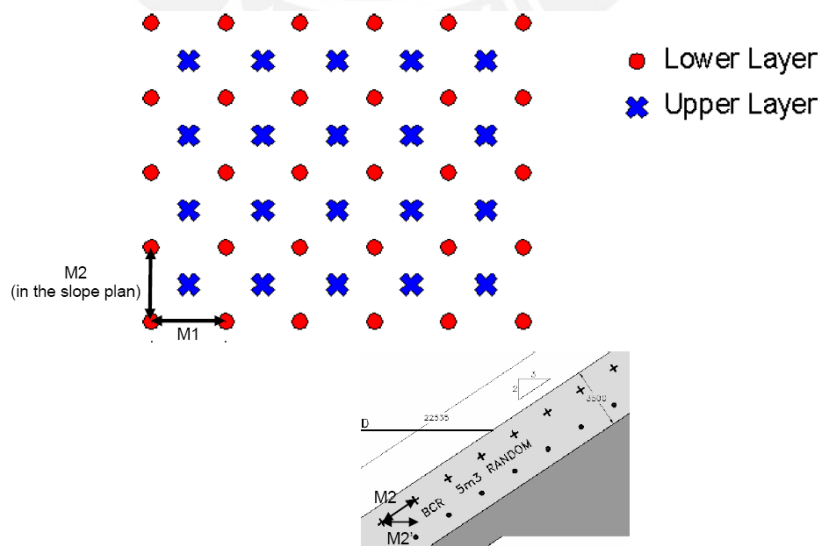
La colocación de los BCR que conforman la capa de protección del rompeolas será:

- Patrón aleatorio en el lado del mar para los BCR de 5 m<sup>3</sup> y en el lado del mar de los extremos redondeados con BCR 8 m<sup>3</sup>.
- Patrón uniforme en el lado de la orilla de los extremos redondeados con 8m<sup>3</sup>

Capas colocadas siguiendo un patrón aleatorio

La estabilidad de estas capas depende principalmente de su peso propio y de la interacción con los bloques adyacentes. Para asegurar el cumplimiento de ambas condiciones se define una malla para la colocación. Esta malla ha sido calculada de acuerdo a los parámetros de densidad establecidos en el diseño para la estabilidad del rompeolas.

Figura 29: Malla de colocación de los BCR del tronco del rompeolas



Fuente: Documentación interna de obra

Para asegurar el cumplimiento de la densidad teórica se establece una grilla cuadrada calculada en función a las medidas de los BCR.

La malla teórica está definida por 2 distancias M1 y M2

En el caso particular de una grilla cuadrada en el talud. M2 esta relacionada a M1 como sigue:

$M2 = M1$  y en el plano horizontal  $M2'$  es la proyección de M2 por lo tanto  $M2' = 0.774 M2$ . Los valores para una malla de 5 y 8 m3 son:

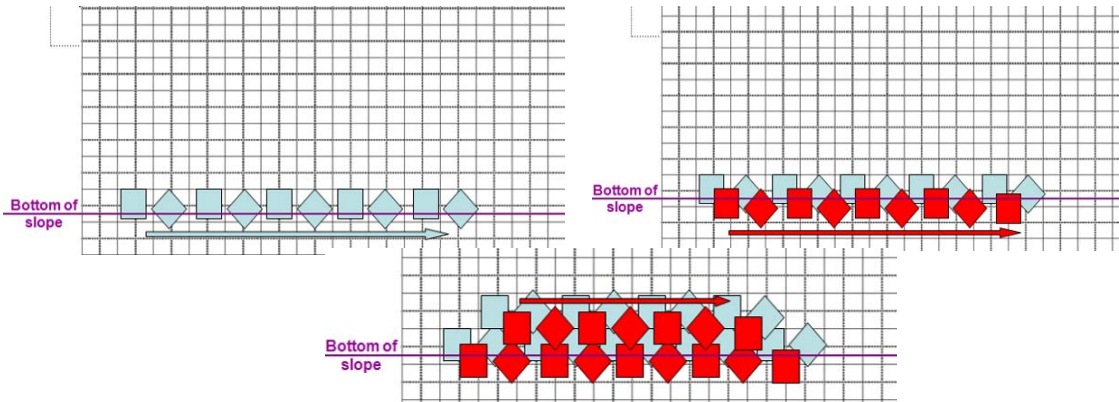
Tabla 12: Medidas de la malla de colocación de los BCR

Pendiente del núcleo		3/2				3/2	
<b>BCR</b>	<b>Vol</b>	<b>5</b>	<b>m3</b>	<b>BCR</b>	<b>Vol</b>	<b>8</b>	<b>m3</b>
Long. base	a	1,84	m	Long. base	a	2,15	m
Altura	h	1,69	m	Altura	h	1,98	m
Long. Sup	a'	1,70	m	Long. Sup	a'	1,99	m
Chaflan	d	0,04	m	Chaflan	d	0,05	m
Prof. ranura	c	0,16	m	Prof. ranura	c	0,19	m
Radio ranura	r	0,21	m	Radio ranura	r	0,24	m
Espesor de capa	ec	3,50	m	Espesor de capa	ec	4,09	m
<b>Porosidad</b>		<b>43,50%</b>		<b>Porosidad</b>		<b>43,50%</b>	
Vol. concreto		1,98	m3/m	Vol. Concreto		2,31	m3/m
N0 de BCR / área		0,40	u/m2	N0 de BCR / área		0,29	u/m2
<b>Espaciam de la malla</b>	<b>M1</b>	<b>2,249</b>	<b>m</b>	<b>Espaciamiento de la malla</b>	<b>M1</b>	<b>2,630</b>	<b>m</b>

Fuente: Documentación interna de obra

La colocación de los BCR se inicia con la primera fila en la base del talud y luego se va ascendiendo en forma triangular disminuyendo la cantidad de BCR en 2 para cada fila. Luego se procederá a la colocación de la 2da y 3era capa.

Figura 30 -Esquema de colocación de BCR



Fuente: Documentación interna de obra

### Capas colocadas siguiendo un patrón uniforme

El procedimiento de colocación de los BCR para esta sección será como sigue

Paso1: Finalización de la colocación de la capa de núcleo del rompeolas.

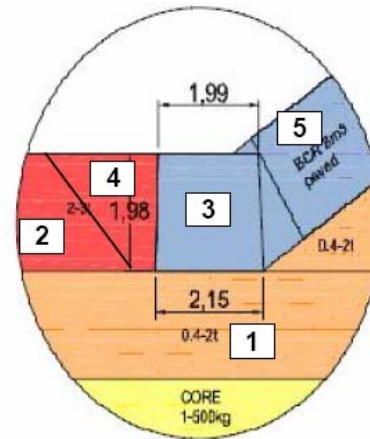
Paso2: Colocación de la roca A2 que forma el pie de talud.

Paso3: Colocación del primer BCR que será el soporte de toda la capa de BCR.

Paso4: Colocación de la capa de A2 faltante entre el pie de talud y el BCR

Paso5: Colocación de los BCR que forman parte de la capa uniforme.

Figura 31: Colocación de BCR en patrón uniforme



Fuente: Documentación interna de obra

#### 8.9.4.1 Verificación de la colocación de los BCR

Para asegurar que los parámetros de densidad de colocación y porosidad cumplen con los establecidos por el diseño se realizara una medición cada 200 m2 colocados.

#### Controles requeridos de acuerdo a contrato:

- Densidad

Según los requerimientos del diseño debemos tener entre el 94% y 106 % de la densidad teórica, la cual será calculada basada en una porosidad de 43 %.

Tabla 13: Registro de colocación de BCR

	<b>PROYECTO</b> Registro de Inspección Ref: _____ Seq. No. _____	Fecha: _____ Rev: _____ Pag: 1 / 1
Supervisión (CONTRATISTA o CLIENTE): _____	Teléfono: _____	E-mail: <a href="mailto:xxxxx@xxxxx">xxxxx@xxxxx</a>
<b>Colocación de BCRs</b>		
Item(s) ID: _____	Disciplina: _____	
ITP Ref.: <i>Identificación del plan de inspección</i>	Sub-Contratista No.: <i>No aplicable</i>	

**Densidad** :  Patrón aleatorio  Patrón uniforme

Perfil A': \_\_\_\_\_ Perfil A: \_\_\_\_\_  
 Perfil B': \_\_\_\_\_ Perfil B: \_\_\_\_\_

Área Teórica : \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Cantidad de BCR dentro del área teórica: \_\_\_\_\_

Área actual con la misma cantidad de BCR: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

$\frac{\text{Área Teórica}}{\text{Área Real}} =$   Aprobado  Rechazado

Tolerancia: 94% y 106 % de la densidad teórica.

Aprobación				
Organización	SUB-CONTRATISTA o CONTRATISTA	CONTRATISTA	TERCERA PARTE	CLIENTE
Aprobado (S o N)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Función	Producción	Control de calidad	Tercera Parte	Control de construcción
Nombre				
Firma y fecha				

TR: F12264-CDB-W15-QUA-TP-20111 // 004

Fuente: Autor

- Control de los perfiles

Antes de iniciar las actividades de colocación de los BCRs se realizara la batimetría del pie de talud que servirá de soporte a los bloques de concreto.

Controles internos

- Sistema DGPS para la colocación de BCR

La grúa está equipada con una pantalla donde aparece la posición real de los BCR superpuesta sobre la posición teórica donde debería ser colocado cada bloque, conforme el bloque se acerca a la posición teórica aparece una luz verde en el tablero que le indica al operador que puede soltar el bloque.

La data obtenida de la grúa es descargada y procesada para obtener un plano en AutoCAD land.

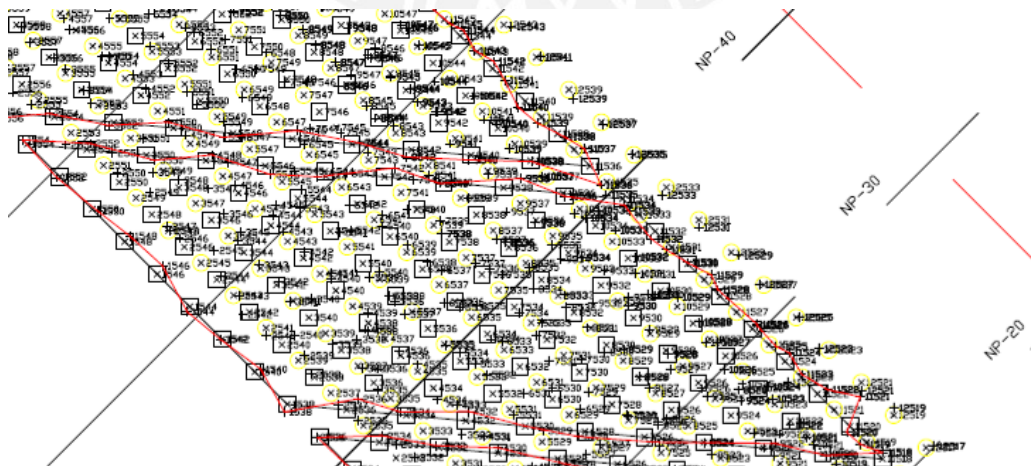
Tabla 14: Registro topográfico de la colocación de BCR

1st Layer					
Screen code	X theoretical	Y theoretical	Xreal screen	Yreal screen	Level
2507	357486,547	8533555,86	357486,62	8533555,60	-8,552
2503	357489,727	8533552,68	357489,84	8533552,1	-8,552
2001	357492,908	8533549,5	357492,18	8533549,81	-8,552
2005	357496,089	8533546,32	357495,97	8533547,65	-8,552
2009	357499,269	8533543,14	357499,44	8533543,54	-8,552
2007	357497,679	8533544,73	357497,56	8533544,94	-8,552
2003	357494,498	8533547,91	357494,34	8533548,08	-8,552
2501	357491,318	8533551,09	357491,37	8533551,05	-8,552
2505	357488,137	8533554,27	357488,34	8533554,60	-8,552
3505	357489,46	8533555,59	357489,25	8533555,59	-7,304
3501	357492,641	8533552,41	357492,84	8533553,13	-7,304
3003	357495,822	8533549,23	357495,66	8533550,14	-7,304

- Layout de colocación de BCR

La distribución de los BCR colocados es presentada en un plano de AutoCAD land, con la finalidad de poder calcular el área de determinada cantidad de bloques. Dicha área es usada para la verificación de la densidad.

Figura 32: Layout de los BCR colocados –extraídos del Autocad Land



Fuente: Documentación interna de obra

- Inspección visual (Sobre el nivel del mar)

Esta inspección se hace por medio de fotografías, tomadas desde el zodiac de rescate.

Tabla 15: Inspección visual de BCR sobre el nivel del mar

		PROYECTO						Fecha:
		Registro de Inspección						Rev:
		Ref:	Job code	Origin	Unit	QUA	ITR	Doc. Type
Supervisión (CONTRATISTA o CLIENTE):				Teléfono:		E-mail:		

**BCR Durabilidad- Inspección interna del colocación de BCR**

Item(s) ID :	Disciplina :
IIP Ref. : <a href="#">F12254-CDB-W15-QUA-ITP-600115</a>	Sub-Contratista : <i>No aplicable</i>

**DETALLES DE INSPECCION**



Area: Rompeolas  
Lado : Norte  
Secciones : PN100 To PN110 (10 m)

**POST CORRECCION -DETALLES**

Aprobación				
Organización	SUB-CONTRATISTA o CONTRATISTA		CONTRATISTA	
Aprobado (S o N)	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Función	Producción		Control de calidad	
Nombre				
Firma y fecha				

Fuente: Documentación interna de obra

Inspección visual (Debajo del nivel del agua)

La inspección será realizada mediante video tomado por buzos. Dicha inspección será realizada en una etapa temprana de la ejecución para asegurar que todos los controles implementados son suficientes para asegurar una colocación correcta.

La visibilidad limitada complica la colocación, usualmente se usa la presencia de buzos que corroboran mediante una inspección visual que las unidades están correctamente apoyadas y que están fijas entre sí.

Monitoreo del asentamiento de los BCR en la parte superior del talud.

En orden de evaluar el asentamiento de los BCR se pintarán algunas marcas en los BCR ubicadas en la parte superior del talud.

El nivel de estos puntos de referencia es medido continuamente (1 vez por semana).

Tabla 16: Registro de asentamiento de los BCR colocados

DATE 15th APRIL 2009					DATE 26th APRIL 2009				
North	East	Level			North	East	Level		DZ
8533562,484	357504,613	6,677	PS #1	S O U T H	8533562,678	357505,573	8,034	PS #1	-1,357
8533546,876	357521,092	6,473	PS #2		8533549,953	357518,549	7,485	PS #2	-1,012
8533530,708	357535,114	5,992	PS #3		8533535,919	357531,511	6,925	PS #3	-0,933
			PS #4		8533519,633	357548,773	7,535	PS #4	
			PS #5		8533506,277	357561,670	7,241	PS #5	
			PS #6		8533493,537	357575,833	7,517	PS #6	
			PS #7		8533481,655	357587,775	7,545	PS #7	
8533575,522	357492,125	7,572	PN#1	N O R T H	8533575,505	357492,131	7,560	PN#1	0,012
8533589,536	357477,614	7,322	PN#2		8533589,516	357477,615	7,301	PN#2	0,021
8533608,309	357460,566	7,313	PN#3		8533608,309	357460,539	7,308	PN#3	0,005
			PN#4		8533619,923	357449,598	7,217	PN#4	
			PN#5		8533632,288	357435,742	7,517	PN#5	
			PN#6		8533644,249	357425,210	7,466	PN#6	

Fuente: documentación interna de obra

**8.10 Seguridad y Medio Ambiente**

Con la finalidad de realizar un trabajo seguro, sin accidentes y que además se desarrolle cuidando el medio ambiente se realiza periódicamente un control y seguimiento de las actividades realizando registros de las inspecciones.

**Seguridad**

Para las operaciones de izaje y manipulación de carga se realiza un documento de análisis de riesgo del trabajo, en este documento se analizan los posibles riesgos en los que se incurrirá durante el desarrollo de la actividad.

Adicionalmente diariamente se realiza una charla que es un recordar de la seguridad, este recordar es registrado, dicho documento es firmado por todos los involucrados en el trabajo y por todo el personal que ingresa en el área de trabajo, previa explicación por parte del supervisor de los riesgos a los que se está expuesto en la zona.

Para garantizar la seguridad en las operaciones en tierra se cuenta con un oficial de seguridad, un supervisor de campo y un personal médico.

Para las operaciones en el agua se cuenta con un equipo de respuesta ante un hombre caído al agua, dicho equipo consta de un zodiac y 2 rescatistas.

Adicionalmente se cuenta con una ambulancia con un paramédico, un enfermero y un doctor.

Ante situaciones de desastres naturales como tsunamis y terremotos se cuenta con un plan de contingencia donde se detalla la operación de evacuación del rompeolas.

Medio Ambiente.

El plan de medio ambiente sigue todos los lineamientos del EIA del proyecto, para ellos se realizan control periódico de la calidad del agua, conteo de peces, estudios de línea de playa.

Pero para efectos inmediatos durante la construcción la protección del medio ambiente se centra en la previsión de derrames durante la construcción, para ello, para las operaciones en tierra se cuenta con Kits anti derrames (pañños absorbentes) y para las operaciones en el agua se cuenta con barreras oleofílicas que contienen el derrame hasta hacer la limpieza correspondiente.

#### **8.11 Control de calidad.**

Podemos definir la calidad como la conformidad de un producto con las especificaciones del diseño.

Para poder garantizar que se ha cumplido con lo especificado se debe prever la realización de todos los controles necesarios durante el proceso de construcción.

Durante la construcción todos los procedimientos, métodos de trabajo y planes de inspección estarán descritos de manera formal y deberán ser aprobados por el cliente antes del inicio de la ejecución de los trabajos.

Dentro del plan de inspección se detallara los controles a realizar durante el proceso constructivo, así como los documentos que formaran parte del dossier final que será entregado al cliente para validar y garantizar que la construcción de la estructura ha sido realizada de acuerdo a lo especificado. Adicionalmente en dicho documento se detalla la responsabilidad de cada área en el registro de la información.

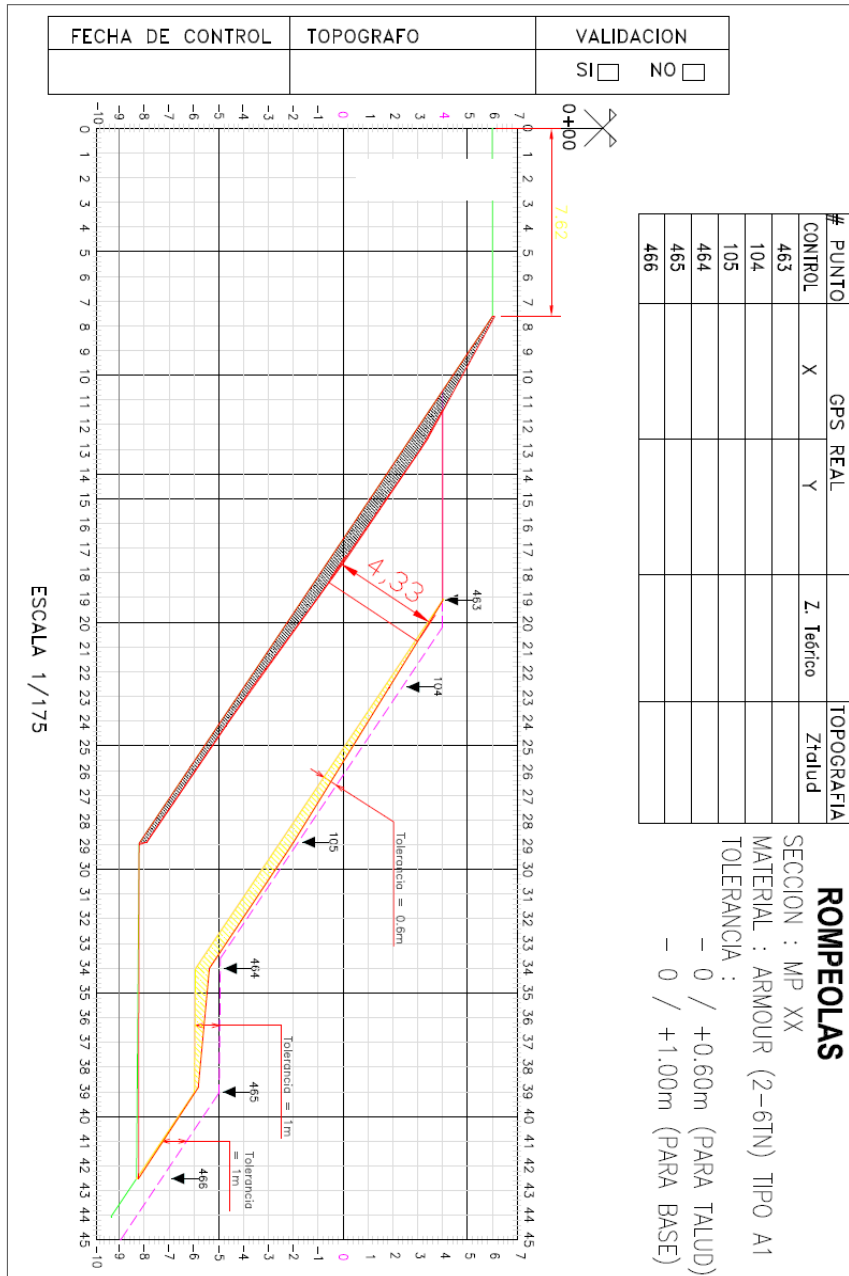
El plan de inspección deberá ser aprobado por el cliente, lo cual asegura que lo que controlara será suficiente para garantizar el cumplimiento de sus expectativas.

**8.11.1 Tolerancias:**

Parte importante del control en la construcción del rompeolas se basa en respetar los límites definidos durante el diseño para asegurar la estabilidad de la estructura.

Las tolerancias han sido definidas en el contrato basándose en los tamaños del material a utilizar en las diferentes capas que conforman el rompeolas (Véase anexo 10 y 11). Las tolerancias son verificadas en cada perfil de control durante la ejecución de las actividades. En campo se verifica directamente las cotas alcanzadas antes de dar paso a la construcción de la siguiente capa

Figura 33: Control de las tolerancias de una sección del rompeolas.



Fuente: documentación interna de obra

## 9. COSTOS

Para obtener el costo total del rompeolas deberemos tener algunas consideraciones. Dichas consideraciones ayudaran a calcular adecuadamente los volúmenes de producción y de extracción que por razones de pérdidas durante el manipuleo arrojan cantidades distintas. Entre las principales guías a tener en cuenta encontramos:

- De la cantidad total a ser volada 15 % es desperdicio y va al botadero.
- De la cantidad de esponjamiento estimado después de ser volado es 5%.
- De la cantidad de roca llevada a la zaranda (roca tipo D) 35 % es desperdicio, esta cantidad variara dependiendo de la calidad del banco a ser explotado.
- Para estimar los costos de construcción se han considerado perdidas del 35 % del material durante la explotación de cantera. Entre 10 y 5 % durante el transporte y selección del material.
- De la producción de BCR se considerara una producción de 73005 m<sup>3</sup> que incluyen los bloques que serán usados para los test de durabilidad.

A continuación se detallaran las principales partidas a considerar para la evaluación de costos:

Tabla 17: Partidas para perforación voladura y el desecho del material inservible.

Perforacion y voladura	T
<b>Mano de Obra</b>	
1/2 oficial	H
Operador 3	H
Capataz de mov de tierras	H
<b>Material</b>	
Selección y carguio del mat cantera	T
<b>Mano de Obra</b>	
Operador 3	H
Capataz de mov de tierras	H
<b>Equipos</b>	
Bulldozer HP300	H
Excavadora hidraulica de 45 tn	H
Trans. desperdicio de cantera - botadero	
<b>Equipos</b>	
Volquete de 15m <sup>3</sup> -Sacnia 6x4	H

Autor: Documentación interna de obra

Después de la voladura se envía el material más pequeño que está dentro de los requerimientos de la roca tipo D (1-500 kg) a la zaranda para su selección.

Tabla 18: Partidas para selección de material tipo D

Selección y carguio -roca Tipo D y desperdicio en zaranda	T
<b>mano de obra</b>	
12 oficial	H
Operador 3	H
Capataz de mov de tierras	H
<b>Equipos</b>	
Torre de iluminacion	H
Cargador frontal	H
Trans. Cantera -Zaranda (TipoD)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 16m3-Sacnia 6x4	H
Trans. de mat zaranda - botadero	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 16m3-Sacnia 6x4	H

Autor: Documentación interna de obra

El material que cumpla con los parámetros de calidad requeridos para conformar el rompeolas será cargado desde la cantera hasta los lugares de almacenaje.

El material tipo D se cargara desde la zaranda, mientras que los materiales tipoC, A1, A2 y A3 se cargaran desde el lugar de la voladura.

Tabla19: Partidas para la selección del material de núcleo y de protección

Trans. Zaranda-almacen (TipoD)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Sacnia 8x4	H
Subcont-Volquete	T
Trans. Cantera -almacen (TipoC)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Sacnia 8x4	H
Trans. Cantera - almacen(TipoA1)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Sacnia 8x4	H
Trans. Cantera - almacen (TipoA2)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Sacnia 8x4	H
Trans. Cantera - almacen (TipoA3)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Sacnia 8x4	H

Autor: Documentación interna de obra

Dado que la etapa de voladura y extracción comenzó mucho antes que la etapa de construcción del rompeolas se almaceno el material en plataformas ubicadas dentro del proyecto, para la evaluación del costo se deberá tomara en cuenta la distancia entre los lugares de almacenaje al rompeolas, y a su vez considerar el equipo necesario para el carguío.

Tabla 20: Partidas a considerar para el carguío de los lugares de almacenaje al rompeolas

Manipuleo y carguío -clase A1 y C	T
<b>mano de obra</b>	
1/2 oficial	H
Capataz de mov de tierras	H
<b>Equipos</b>	
<b>Garra</b>	H
Excavadora hidraulica de 45 tn	H
Manipuleo y carguío -clase D	T
<b>mano de obra</b>	
1/2 oficial	H
Capataz de mov de tierras	H
<b>Equipos</b>	
Cargador frontal hp300	H
Trans. Almacen al rompeolas (TipoD)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Scania 8x4	H
Trans. Almacen al rompeolas (Tipo C)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Scania 8x4	H
Trans. Almacen al rompeolas (TipoA1)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Scania 8x4	H
Trans. Almacen al rompeolas (TipoA2)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Scania 8x4	H
Trans. Almacen al rompeolas (TipoA3)	T
<b>Equipos</b>	
Volquete de 20m3-Scania 8x4	H

Fuente: Autor

### Instalación de la roca en el rompeolas:

La instalación de rocas se hará con ayuda de las 2 grúas terex, pero para la ejecución de las batimetrías se hará uso de la grúa de orugas Manitowoc 250.

En el detalle de las partidas para la colocación se deberá considerar adicionalmente el costo que requerido para la instalación de la capa de filtro (roca tipo D), que para el proyecto en mención ha sido subcontratado.

Tabla 21: Partidas para la instalación del material en el rompeolas

Instalation de Core + Armour	T
<b>Mano de Obra</b>	
Almacenero - Oficial	H
Skilled Labor Earthwork - Oper3	H
Maniobrista de grua -oper 3	H
Capataz trabajos maritimos	H
Auxiliar Almacenero (Pe)	H
Controlador de sitio	H
Topografo	H
Ayudante de topografia	H
<b>Material</b>	
Survey Rods	US\$
Tenazas para roca	LS
GPS + Central	US\$
<b>Equipos</b>	
Torre de iluminacion	H
Bulldozer 300 HP	H
Cargador frontal 300 HP	H
Excavadora hidraulica 30 ton rock	H
Excavadora hidraulica 45 ton rock	H
Grúa de orugas Kobelko 7250	H
Grúa de orugas 250 Ton TEREX 275	H
Crawler Crane Manitowoc M250 S2	H

Autor: Documentación interna de obra

Para la fabricación de BCR, se debe tener en cuenta que toda la operación de la planta fue subcontratada y es por eso que consideraremos al concreto como un producto terminado.

Tabla 22: Partidas para la producción, almacenaje y colocación de BCRs

Fabricacion de BCR y almacenam.	m3
<b>Mano de Obra</b>	
Albanil con experiencia-operador 3	H
12Oficial	H
Capataz de obras civiles	H
<b>Material</b>	
Encofrado metalico	L
Desmoldante	L
Curador acrilico	L
<b>Subcontratista</b>	
Concreto 270kg/cm2	UN
<b>Equipos</b>	
Puente grua 25 T	H
Compresora de aire	H
Fork lift (pato)- 32 tn	H

Transporte e instalacion de BCR	M3
<b>Mano de Obra</b>	
Oficial de conocimiento medio	H
Capataz Obras Civiles	H
Controlador en sitio	H
<b>Subcontratista</b>	
SC-Equipos de buzos	US\$
<b>Materiales</b>	
Tenazas para la colocacion de BCR	LS
<b>Equipos</b>	
Crawler Crane Manitowoc M250 S2	H
Tractor Agricola	H
Dolly- camabaja	H
Volquete 20 m3 - Scania 8x4	H
Grua de orugas 250 Ton TEREX 275	H

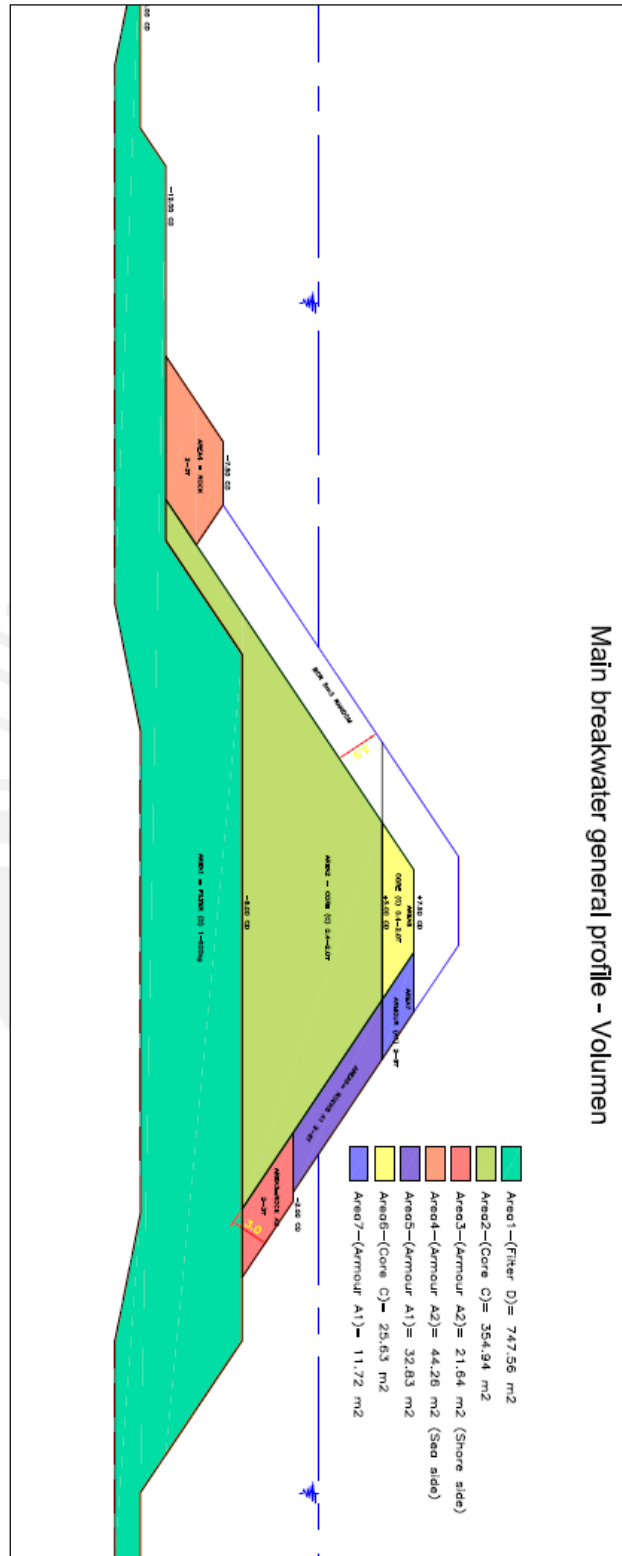
Autor: Documentación interna de obra

Se ha presentado las principales partidas a considerar, los rendimientos y el costo en que se incurra por cada ítem mencionado depende totalmente del know how de cada empresa, de su eficiencia y de los precios del mercado al momento de la ejecución.

Adicionalmente al costo obtenido al evaluar las partidas mencionadas se deberá considerar el costo indirecto en el que se incurrirá (ingeniería de diseño, supervisión durante la construcción, seguridad y medio ambiente, etc.).

Para efectos de la valorización con el cliente se medirá las áreas del rompeolas hasta las cotas de trabajo actuales y las futuras y de este modo al multiplicarlas por la longitud de avance se obtendrá el volumen a valorizar.

Figura 34: Metrado de una sección típica del rompeolas.



Fuente: Autor

## 10. CONCLUSIONES

### Acerca de la producción de BCR:

Referido al gradiente de temperatura, se asume que el proceso de hidratación del concreto induce a gradientes térmicos entre el núcleo del bloque y la superficie del mismo, dando lugar a una contracción entre estas dos zonas. Dicha contracción puede causar fisuración, esto generalmente ocurre en edades tempranas del concreto, cuando la temperatura del concreto alcanza su valor máximo al momento del desencofrado.

En los ensayos obtenidos en campo se obtuvo los mayores gradientes entre el núcleo y la esquina de la estructura, esto se debe a que la esquina cuenta con dos caras libres que permiten la disipación del calor de manera más rápida, por lo que es un punto de evaluación discutible. Se deberá tomar en cuenta que el gradiente de temperatura máximo se alcanzó a las 37 horas y que a dicha edad el concreto cuenta con una resistencia mayor a los 12 MPa.

Adicionalmente, los bloques de BCR son estructuras no reforzadas, por lo que el riesgo de corrosión no es un riesgo potencial en la estructura, la integridad del bloque se evaluará mediante los test de caída y de rodadura. En el proyecto descrito en el presente documento se obtuvo pérdidas de masa poco relevantes, por lo cual se procedió a aceptar como válida la mezcla para la fabricación de los bloques.

Para la producción de los bloques se deberá entrenar al personal encargado de la producción acerca de la manera correcta de vibrar el concreto.

### Acerca de la producción de roca:

Durante la producción de la roca se deberá monitorear continuamente las densidades in situ de las pilas donde se acarrea el material. Dichas densidades serán usadas para calcular las toneladas de roca a producir, cualquier variación significativa deberá ser evaluada y considerada.

La roca cuando es aprobada deberá estar bien distribuida en el stock ya que cuando se aprueba dicho stock este estará listo para iniciar el carguío de la roca sin efectuar ninguna prueba adicional.

Para las rocas que conforman el núcleo y que son colocadas de manera masiva los parámetros de control más importantes son el D85 y el D15 que definen las propiedades de filtro de los materiales.

El entrenamiento a los operadores de grúa y el personal encargado del carguío y selección es importante, ya que si esto no se hace adecuadamente generará un re-trabajo en la reclasificación del material y adicionalmente se transportara un material que no podrá ser usado por no cumplir con los requerimientos.

#### Acerca del proceso constructivo:

Para la producción y colocación de las capas de protección se deberá tomar como referencia la densidad in situ que obedezca a la porosidad requerida. En el presente proyecto el requerimiento de porosidad es de 30%, que se alcanza con una densidad de colocación de 1.89 ton/m<sup>3</sup>. Este número es mayor que el valor de densidad aparente de un stock, esto se debe a que las rocas de las capas de protección son colocadas individualmente logrando así una mejor distribución

El proceso constructivo debe asegurar el cumplimiento del valor de densidad en cualquier etapa de la construcción, es decir al registrar la cantidad de material que se coloca en cada perfil se deberá controlar que dicha cantidad no presente variaciones significativas con respecto a los valores obtenidos mediante cálculos basados en una densidad de 1.9 ton/m<sup>3</sup>.

Se deberá evitar tener construidos tramos muy largos, sin contar con la protección de los BCR, ya que estos requieren de una mayor cantidad de tiempo para ser protegidos y ante la eventualidad de un oleaje fuerte, el tiempo no será suficiente para la protección, dejando expuesto la parte sin protección.

Es importante que el mantenimiento de los equipos de posicionamiento sea efectuado por personal capacitado, ya que la manipulación errónea de estos equipos conlleva a pérdidas de tiempo considerables.

Para un adecuado flujo en la entrega del material en el rompeolas se deberá hacer hincapié en la coordinación entre ambos frentes de trabajo (lado sur y lado norte). Los capataces de cada frente deberán coordinar entre si los requerimientos de material durante el día, de esa manera se logrará la optimización del uso de los volquetes y por ende se contará con un ciclo óptimo para el desarrollo de las actividades.

Para la construcción de los extremos redondeados se deberá realizar un entrenamiento previo al inicio de dicha actividad en el rompeolas, se deberá garantizar que el operador de la grúa se encuentra lo suficientemente entrenado como para colocar los BCR haciendo uso solamente de la información del GPS que está instalado en la cabina, por ningún motivo deberá hacer uso de las indicaciones del maniobrista o de su propia visibilidad.

Acerca de los controles durante la construcción:

Es importante manejar los perfiles superpuestos de todas las capas que conforman el rompeolas, esto con la finalidad de asegurar el cumplimiento de los requerimientos de espesores de capa para la roca de protección.

Se deberá tener especial consideración en el establecimiento y aceptación de las tolerancias a cumplir, ya que el tamaño promedio de una roca de 4 ton es de 1.15 m lo cual hará muy difícil cumplir con una tolerancia de 0.50 cm, por esa razón deberá contarse con una tolerancia no menor al  $D50/2 = +/- 0.60$  cm.

Se deberá llevar un registro de las cantidades de material que se colocan en cada sección del rompeolas, de este modo se garantizara que se está colocando el material con la densidad requerida. Adicionalmente este registro servirá de apoyo para las cantidades a valorizar.

## 11. GLOSARIO:

**Batimetría:** topografía submarina.

**Berma:** Montículo pequeño una capa de blindaje. Un paso horizontal en el talud de un rompeolas.

**Caisson:** Estructura tipo caja de hormigón armado.

**Capa de protección contra la erosión:** Una capa o capas de piedras pequeñas bien gradadas debajo de un rompeolas. Su propósito es impedir que el material del lecho natural sea arrastrado.

**Capas de protección:** Capa exterior hecha de unidades más grandes y / o más durables utilizadas como protección contra las olas o corrientes.

**Cresta:** Parte más alta del rompeolas.

**Datum:** Cualquier línea permanente, plano o superficie usada como un dato de referencia para referirse a elevaciones.

**Densidad In Situ:** Masa por unidad de volumen de colocación. El valor obtenido de densidad es muy sensible al tipo de colocación (es decir suelto, denso, aleatorio, estándar), la gradación, la forma y la densidad de los materiales de la roca, el método utilizado para medir el volumen, y si el elemento es una capa delgada o una pila.

**Durabilidad:** La capacidad de un material para conservar sus propiedades físicas y mecánicas cuando expuestos a la carga real en la vida de servicio.

**Filtro:** Una banda material granular constituida en un rompeolas con el fin de permitir la filtración de flujo a través de o hacia abajo el filtro de la zona sin causar migración del material de las zonas adyacentes al filtro.

**Interlocking:** Es el mecanismo por el cual las rocas de la capa de protección o las unidades de concreto se pueden conectar entre sí debido a la forma de la unidad. Esto aumenta la resistencia contra la ola de ataques.

**Intemperizada:** Cuerpo que ha sufrido modificaciones físicas o químicas a causa de su exposición a los agentes comunes de la intemperie.

**isóbata.** Curva para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en océanos y mares, así como en lagos grandes.

**Materiales de núcleo:** Materiales utilizados principalmente para la función de llenado. Su contenido de finos y de tamaños superiores puede controlarse, pero generalmente no hay restricción en su masa o de tamaño medio.

**Overtopping:** Paso de agua sobre la parte superior de una estructura como consecuencia de la ola de ejecución de aumento o de acción.

**Pie de Talud:** La parte más baja de una estructura de defensa costera o fluvial. A menudo sirve de apoyo a la capa protección del talud.

**Porosidad:** Propiedad de un material o capa de protección, expresada como porcentaje del volumen total ocupado por el aire y el agua en lugar de las partículas sólidas.

**Rocas de protección:** Agregados gruesos utilizados en las estructuras hidráulicas y otras obras de ingeniería civil.

**Split Hopper barge:** es un tipo de barco diseñado para el transporte de materiales, como piedras, arena, tierra y basura, para el vertimiento en el mar, un río o un lago para la recuperación de tierras.

#### **Abreviaturas**

**CD** (Chartum Data): Cota 0.0 del proyecto

**D50:** Diámetro de la roca para el cual el 50% del material es mayor

**$nv$**  : Porosidad del material, igual al volumen de huecos como proporción del volumen total, volumen de porosidad referido a la capa de protección del rompeolas.

## **12. BIBLIOGRAFIA**

- CIRIA, CUR, CETMEF (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London
- Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de exportación de GNL Pampa Melchorita, PERÚ
- F12254-CDB-W01-MET-SPC-10051-Concrete BCR specification
- Diccionario de la lengua española / Real Academia Española-- [22ª ed.]-- Madrid: Espasa Calpe, 2001

Fuentes Web:

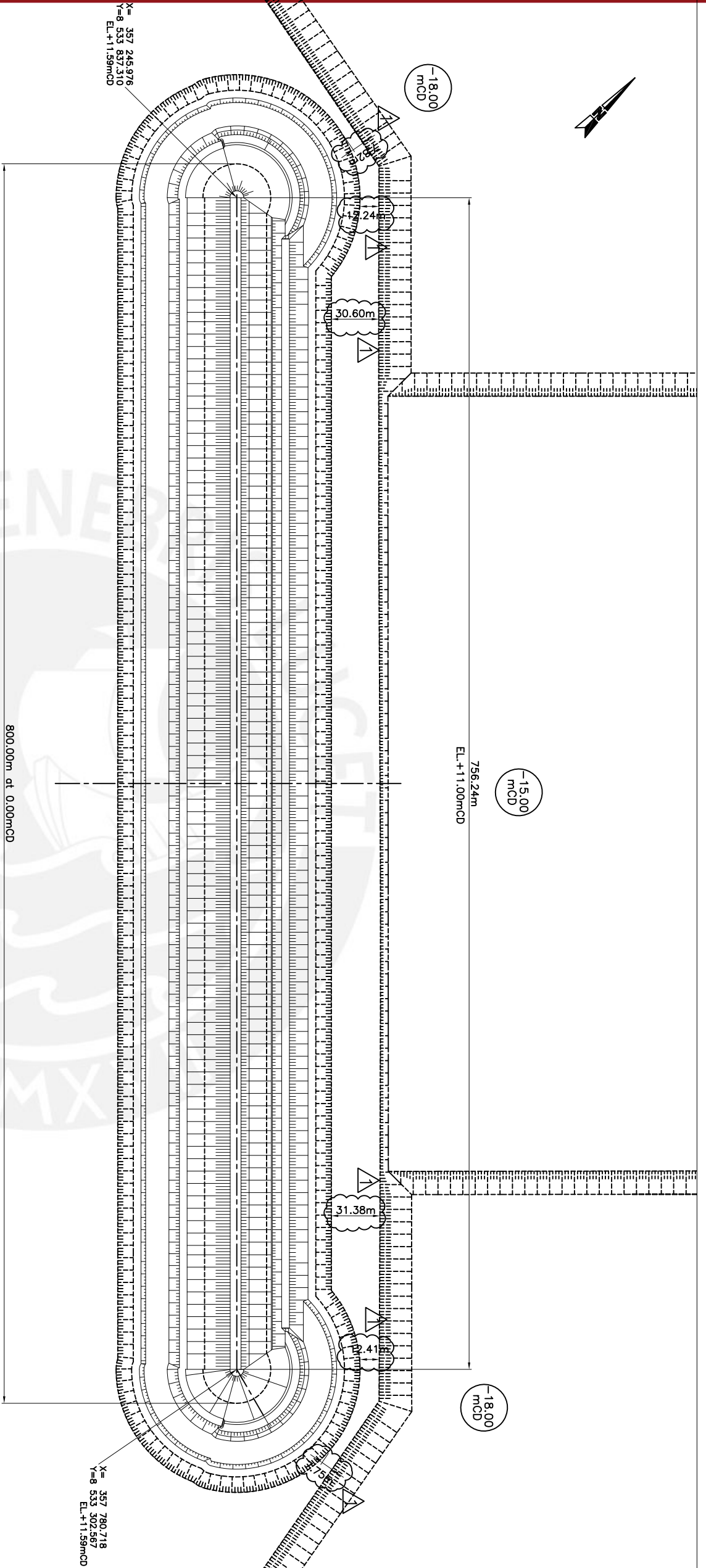
[www.ugent.be/.../prototype/jettycolor2.jpg](http://www.ugent.be/.../prototype/jettycolor2.jpg)

[www.xbloc.com/upload/rechterkolom/d-c3.jpg](http://www.xbloc.com/upload/rechterkolom/d-c3.jpg)

[www.odebrecht.com.pe/obras/cdb-melchorita/ubicacion](http://www.odebrecht.com.pe/obras/cdb-melchorita/ubicacion)

[http://www.cement.org/tech/cct\\_mass.asp](http://www.cement.org/tech/cct_mass.asp)

[http://www.powertechchina.com/images/product\\_kawasaki\\_3.gif](http://www.powertechchina.com/images/product_kawasaki_3.gif)



- Notas:
1. ELEVATION ARE REFERENCED TO CD (CHART DATUM)
  2. CD IS 0.07M ABOVE LAT



PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TEMA DE TESIS:

CONSTRUCCION DE UN ROMPEOLAS AL SUR  
DE LIMA

UNIVERSIDAD Pontificia del Perú  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura

ESCALA (A1): 1/1500

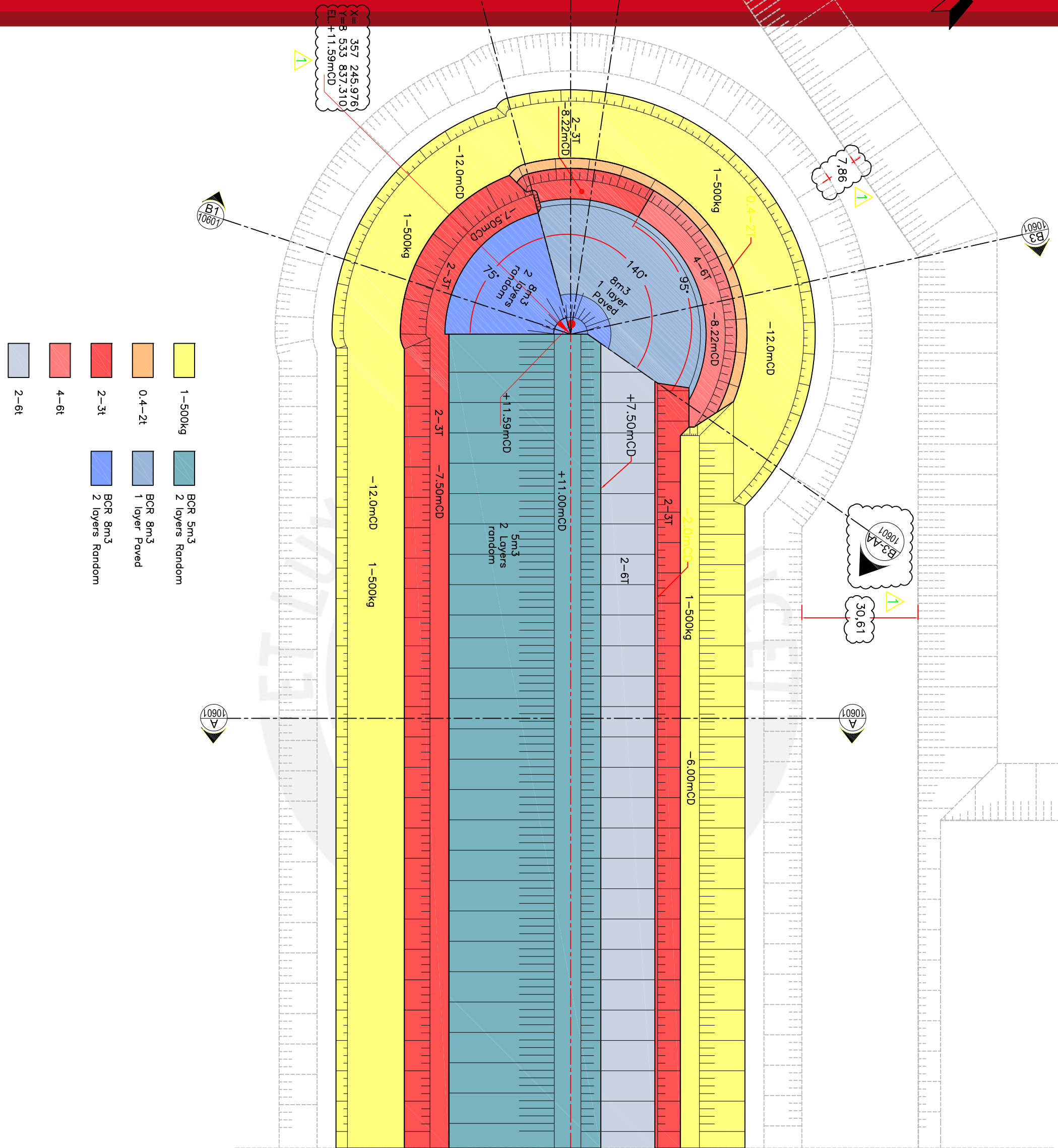
FECHA: Junio 2009

PLANO:

VISTA EN PLANTA DEL ROMPEOLAS

PROFESOR: Etna Rojas Castro





- 1-500kg
- 0.4-2t
- 2-3t
- 4-6t
- BCR 5m3  
2 layers Random
- BCR 8m3  
1 layer Paved
- BCR 8m3  
2 layers Random
- 2-6t

Notes:  
1. ELEVATION ARE REFERENCED TO CD (CHART DATUM)  
2. CD IS 0.07M ABOVE LAT



PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Unidad: Panamericana Sur - Lima

ESCALA (A1) 1/1500

FECHA: Junio 2009

TEMA DE TESIS:

CONSTRUCCION DE UN POMPULAS AL SUR  
DE LIMA

PLANO:

VISTA EN PLANTA DEL EXTREMO  
REDONDEADO

BOCALLE:

Educa Rojas Castro

FECHA:

Junio 2009

UNIDAD:

Panamericana Sur - Lima

ESCALA:

(A1) 1/1500

FECHA:

Junio 2009

BOCALLE:

Educa Rojas Castro

FECHA:

Junio 2009

UNIDAD:

Panamericana Sur - Lima

ESCALA:

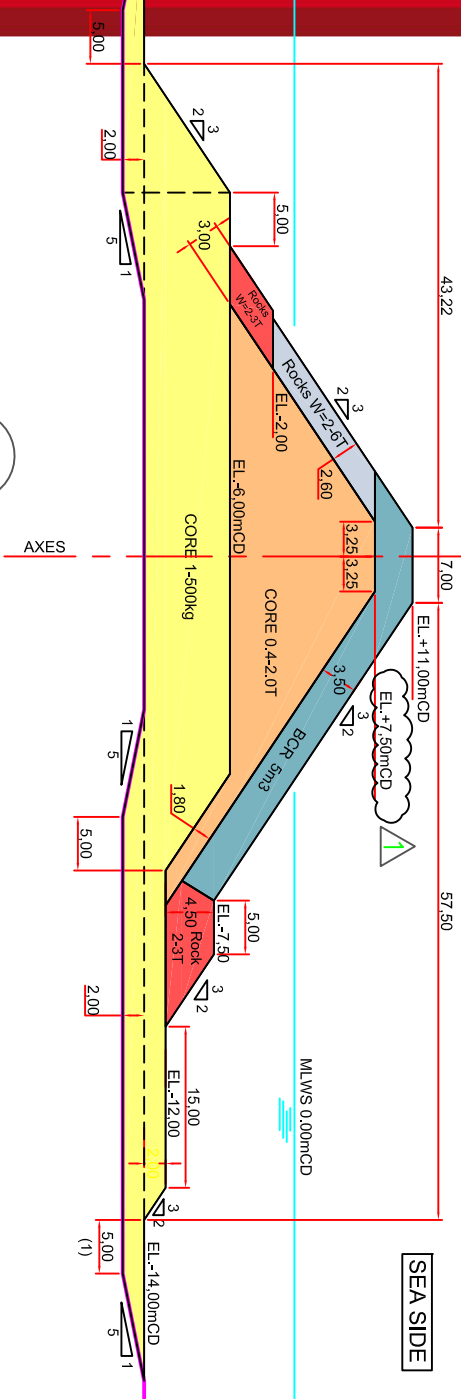
(A1) 1/1500

FECHA:

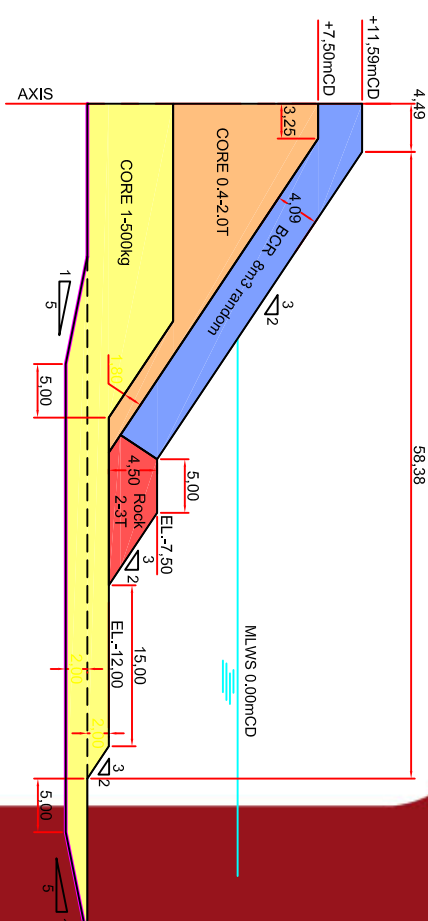
Junio 2009

BOCALLE:

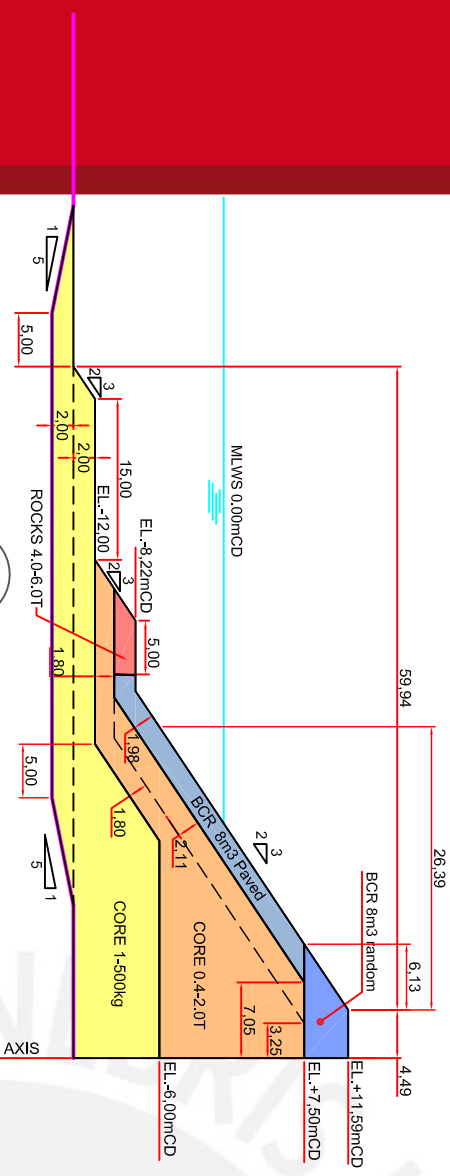
Educa Rojas Castro



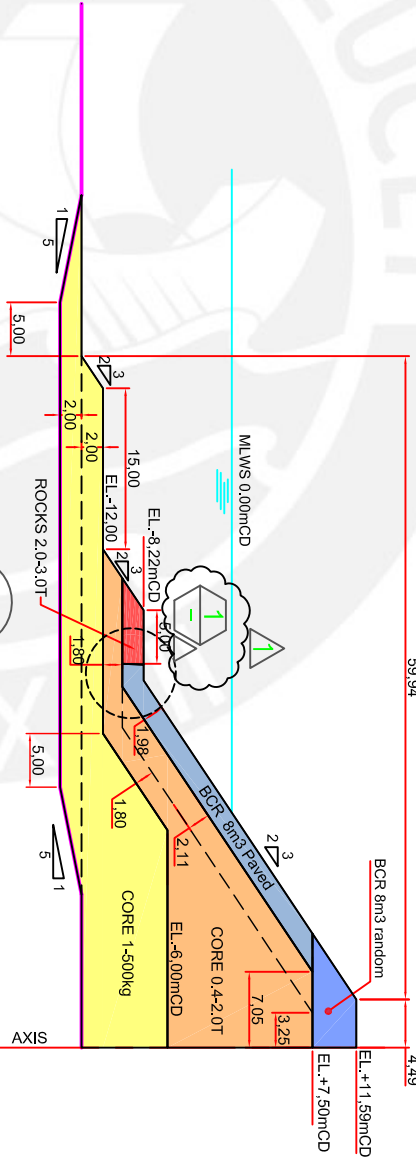
	1-500kg		BCR 8m/3 2 layers Random
	0.4-2t		BCR 8m/3 1 layer Paved
	2-3t		BCR 8m/3 2 layers Random
	4-6t		
	2-6t		



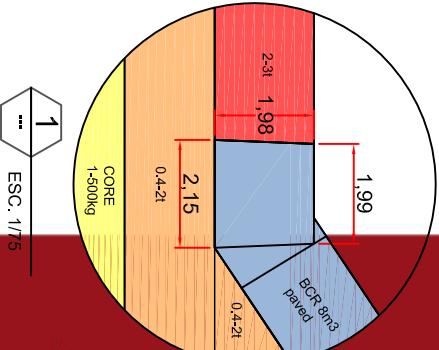
**B1**  
10602 SCALE 1/350



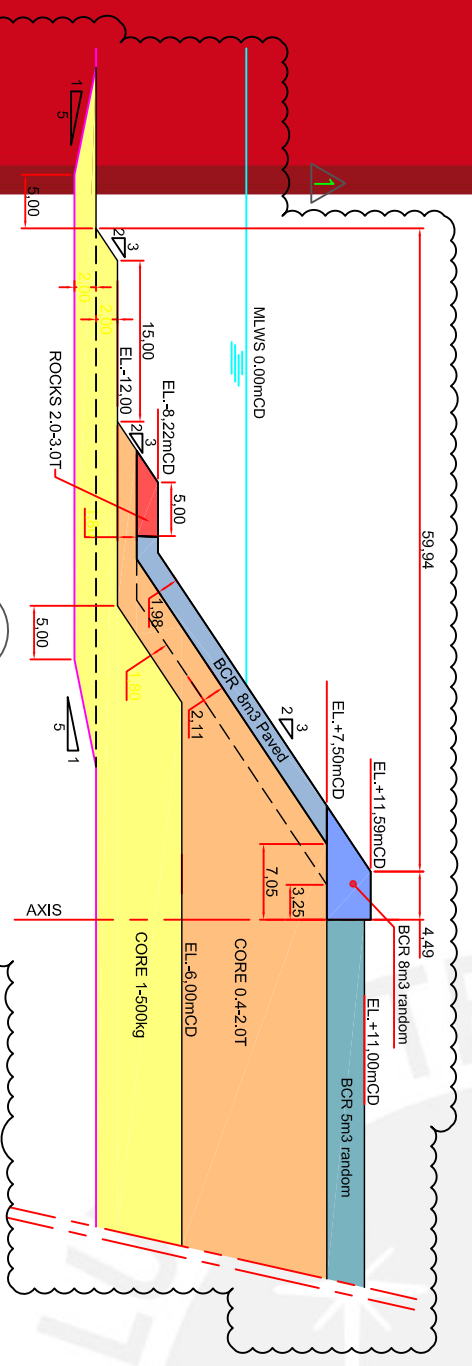
**B3**  
10602 SCALE 1/350



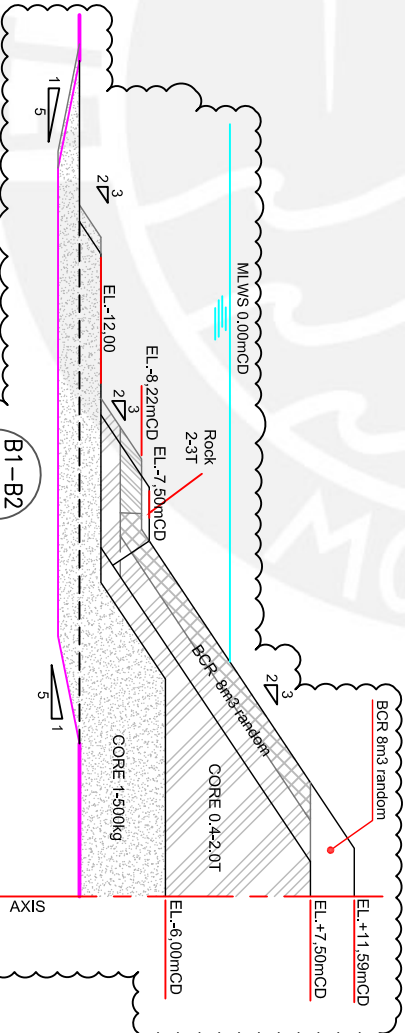
**B2**  
10602 SCALE 1/350



**1**  
ESC. 1/75



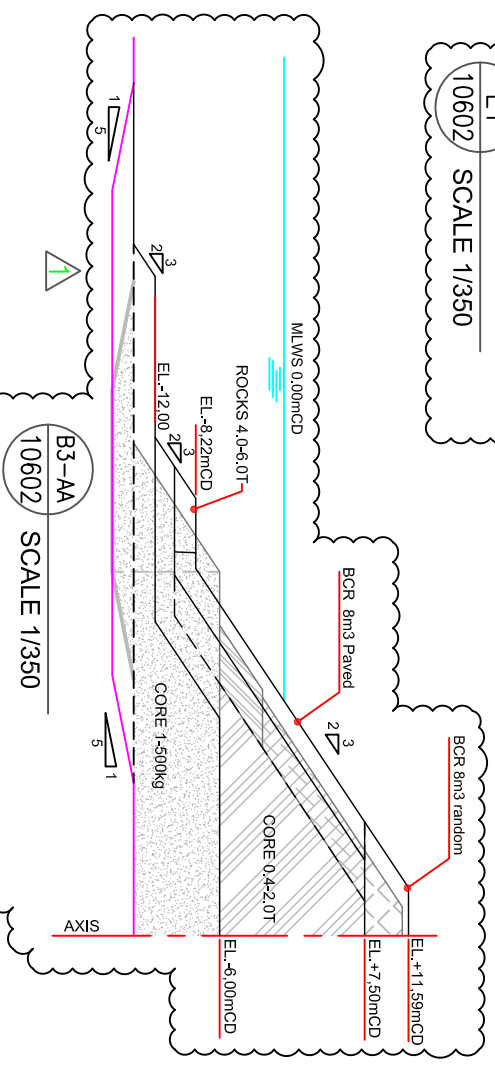
**L1**  
10602 SCALE 1/350



**B1-B2**  
10602 SCALE 1/350

	Core 1-500kg (B2 cross section)
	0.4-2t (B2 cross section)
	2.0-3.0t (B2 cross section)
	BCR 8m/3 1 layer Paved (B2 cross section)

	Core 1-500kg (B3 cross section)
	0.4-2t (B3 cross section)
	2.0-6.0t (B3 cross section)
	2.0-3.0t (B3 cross section)
	BCR 5m/3 random (B3 cross section)



**B3-AA**  
10602 SCALE 1/350

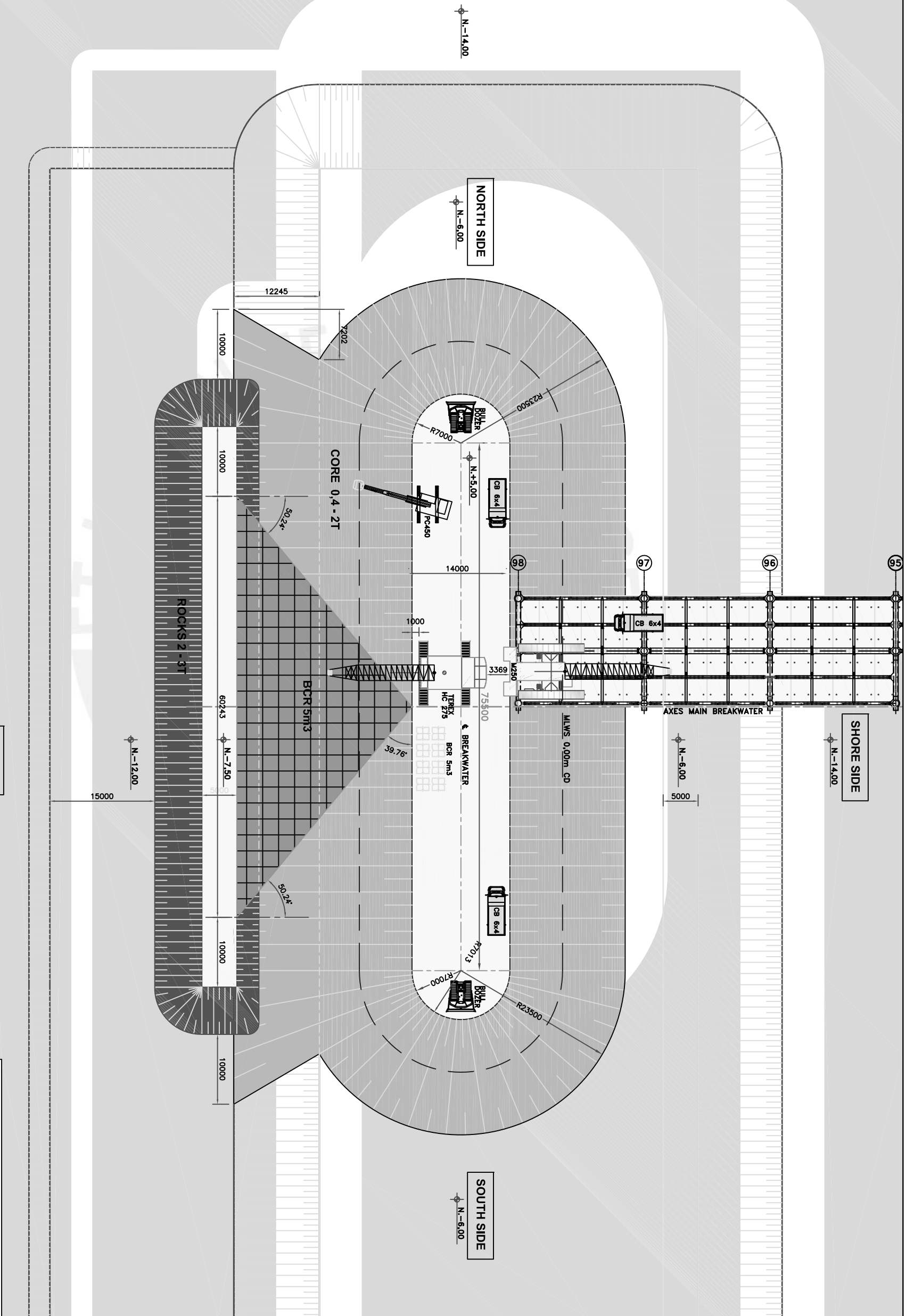
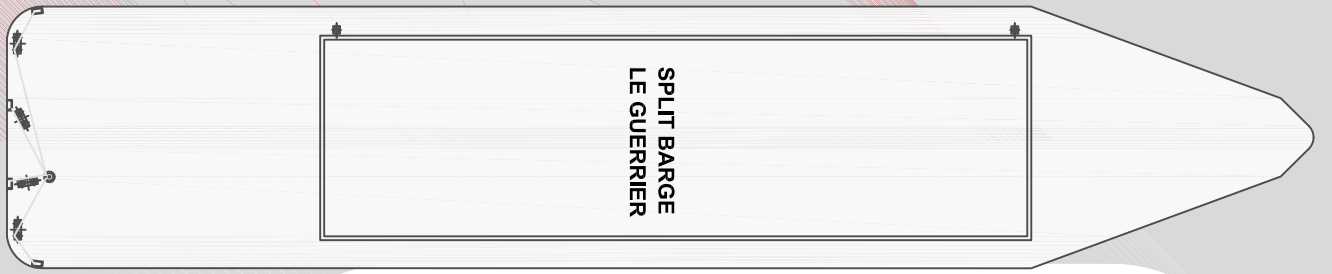


PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

1. ELEVATION ARE REFERENCED TO CD (CHART DATUM)  
2. CD IS 0.07M ABOVE LAT



P-03



PLAN  
SCALE: 1/600

STEP 1

CONSTRUCTION OF THE FIRST TRIANGULAR OF BOR 5m<sup>3</sup> WITH THE TEREX HC275 AND THE M250 ON THE EMERGENCY AREA.

1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS AND ELEVATIONS IN METERS.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

TÍTULO DE TESIS  
CONSTRUCCIÓN DE UN ROMPEOLAS AL SUR DE LIMA

INSTITUTO  
EXEQUENTE 1/600  
FECHA: Junio 2009

PLANO  
4/10

PLANO:  
SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN - PASO I

BACHILLER:  
Edna Rojas Cabello

4/10

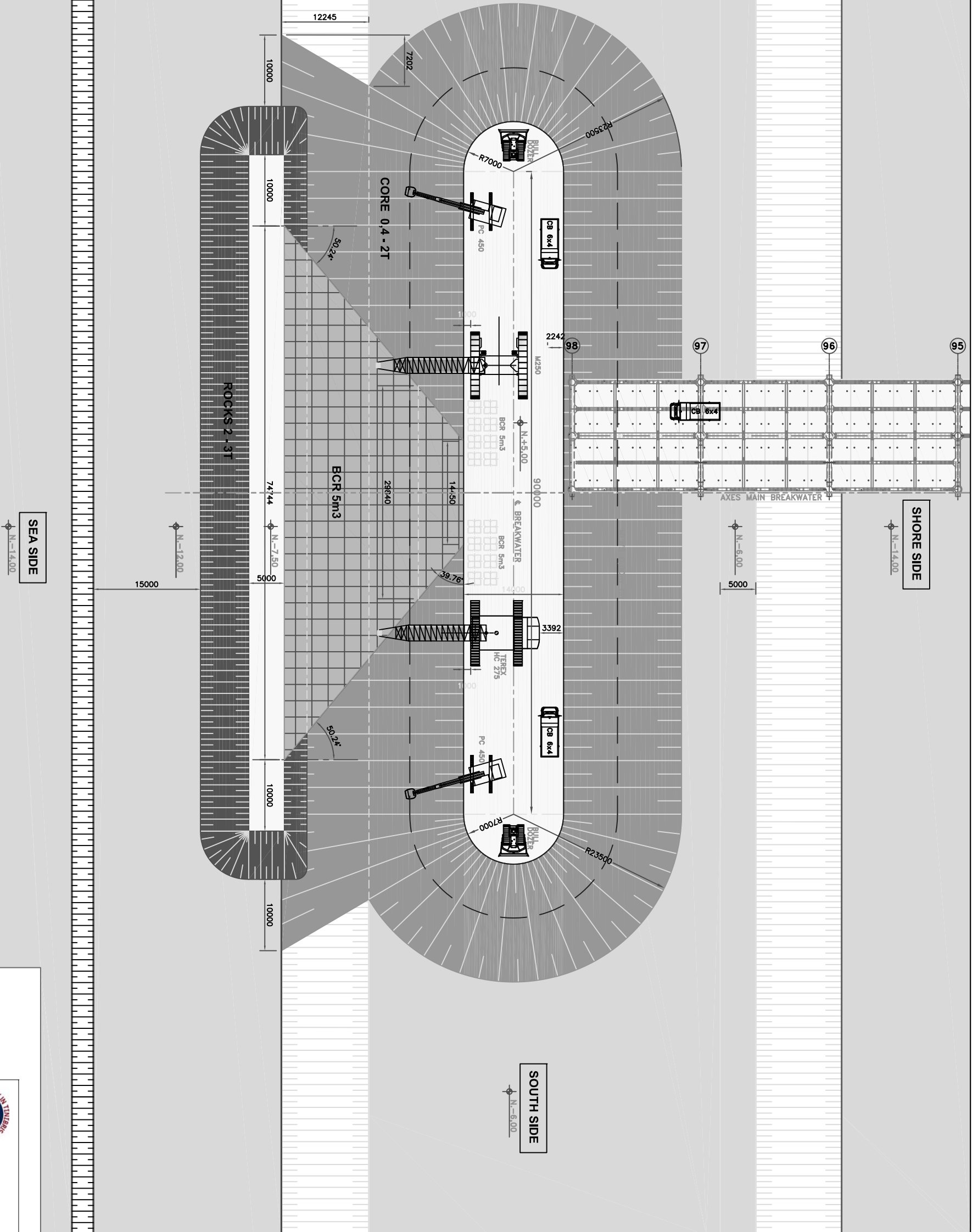


PLAN  
SCALE : 1/600

STEP 2

- AFTER 90m. OF CORE (0.4-2T) COMPLETED, THE M250 STARTS TO WORK ON THE LAYING OF BCR 5m3 AND 2-3T.

1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS AND ELEVATIONS IN METERS.



  
**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TÍTULO DE TESIS	OBJETO:	PLANO
CONSTRUCCIÓN DE UN ROMPEOLAS AL SUR DE LIMA	ESCALA: 1/600	
FECHA: Junio 2009	PROYECTANTE:	
SECUNDA DE CONSTRUCCIÓN - PASO 2	ELABORADO:	
	Eduardo Rojas Cuello	

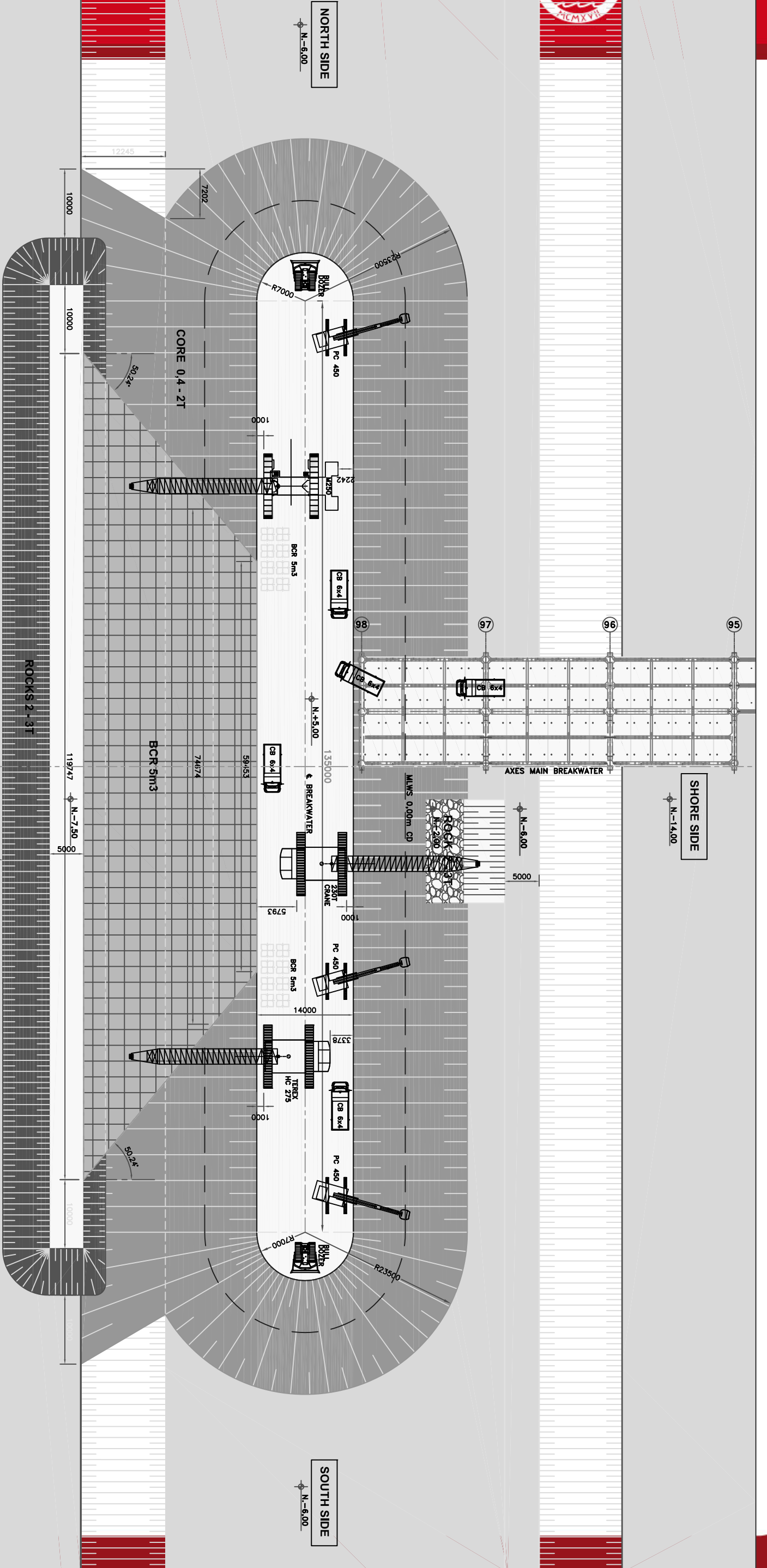


PLAN  
SCALE: 1/600

**STEP 3**

- AFTER 135m. OF CORE (0.4-2T) COMPLETED, THE THIRD CRANE STARTS TO WORK ON THE PROTECTION OF THE SHORE SIDE AND TO LAY BCR 2-3T SEA SIDE.

1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS AND ELEVATIONS IN METERS.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU**  
FACULTAD DE INGENIERIA

TITULO DE TESIS: CONSTRUCCION DE UN ROMPECUAS AL SUR DE LIMA

INSTITUCION: Pontificia Universidad Católica del Perú  
RESOLUCION: 1800  
FECHA: Junio 2019

PAIS: SECUENCIA DE CONSTRUCCION - PASO 3

BACALILLER: Erika Rojas Cabello

#0711408: 6/10

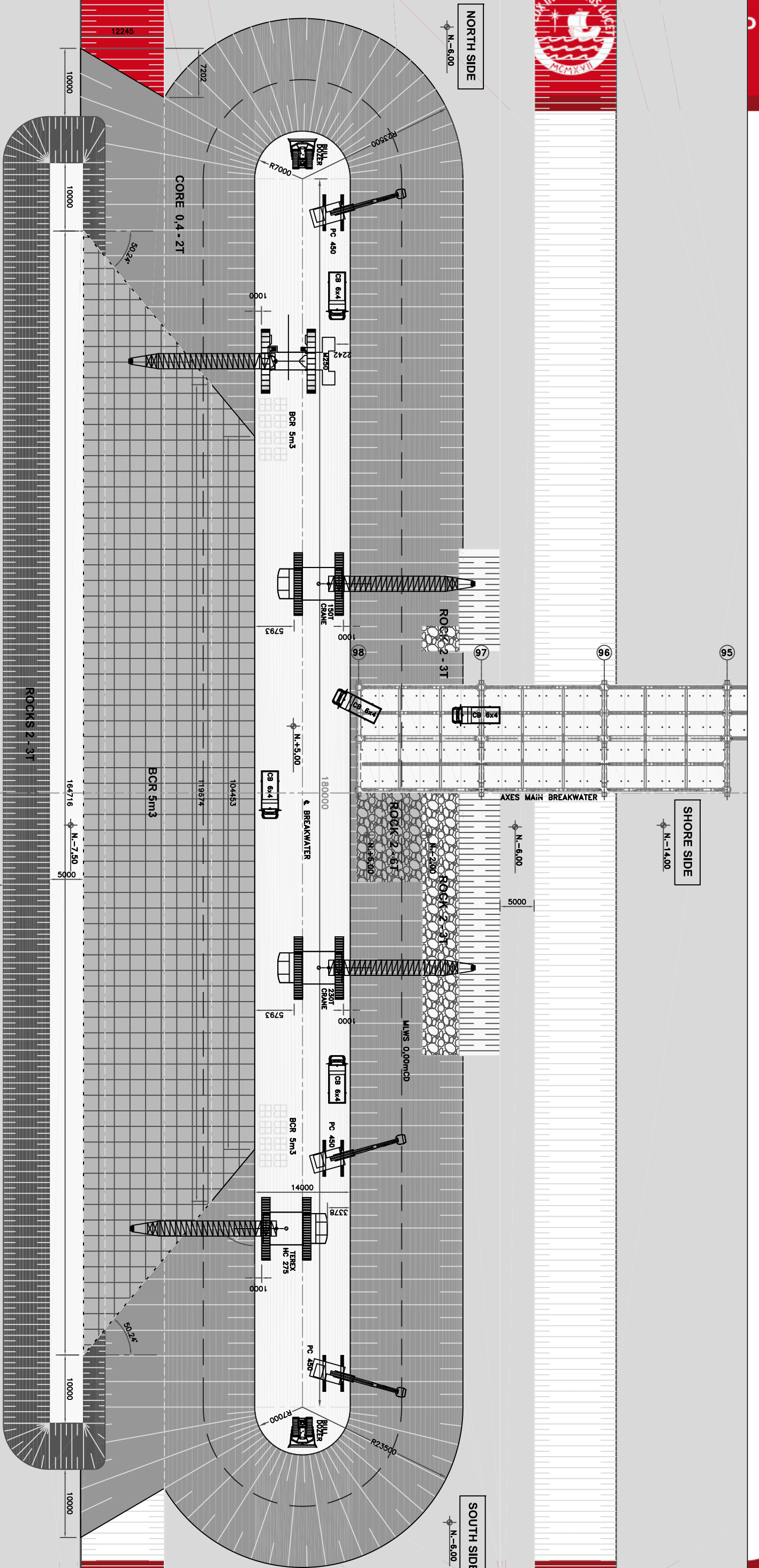




PLAN  
SCALE : 1/600

STEP 4  
- AFTER 180m. OF CORE (0.4-2T) COMPLETED, THE FOURTH CRANE  
STARTS TO WORK ON THE PROTECTION SEA SIDE.

1. DIMENSIONS IN MILLIMETERS AND ELEVATIONS IN METERS.



SEA SIDE  
N-14.00

SHORE SIDE  
N-14.00

NORTH SIDE  
N-6.00

SOUTH SIDE  
N-6.00



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

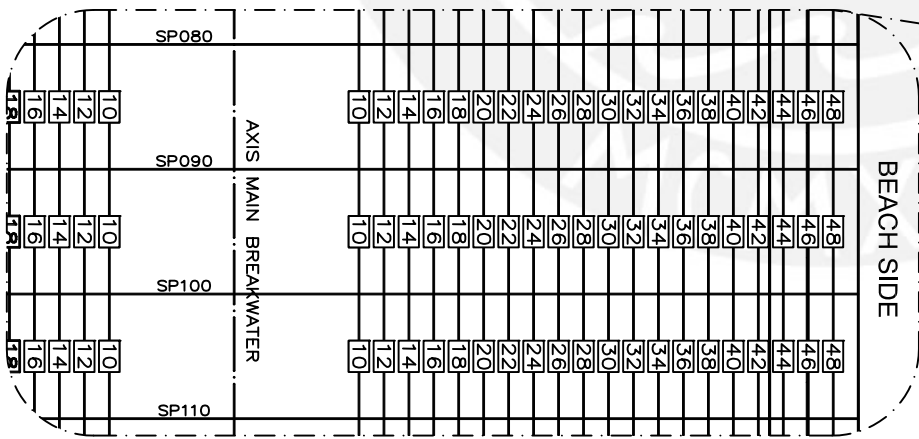
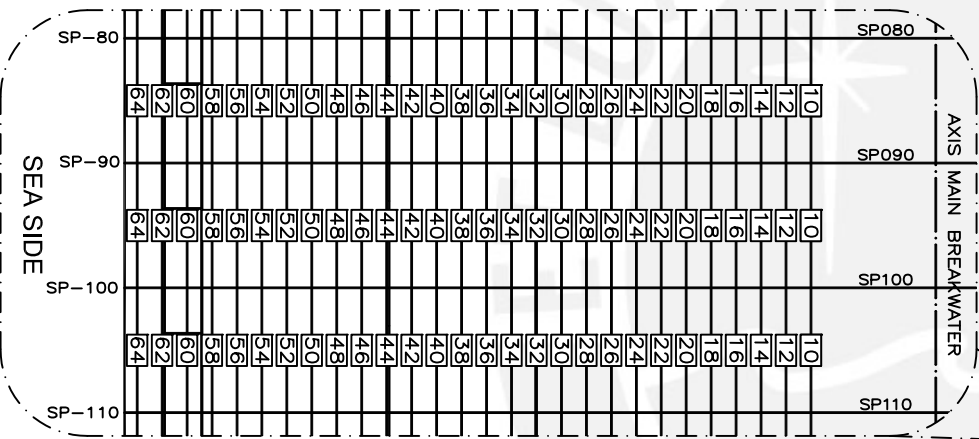
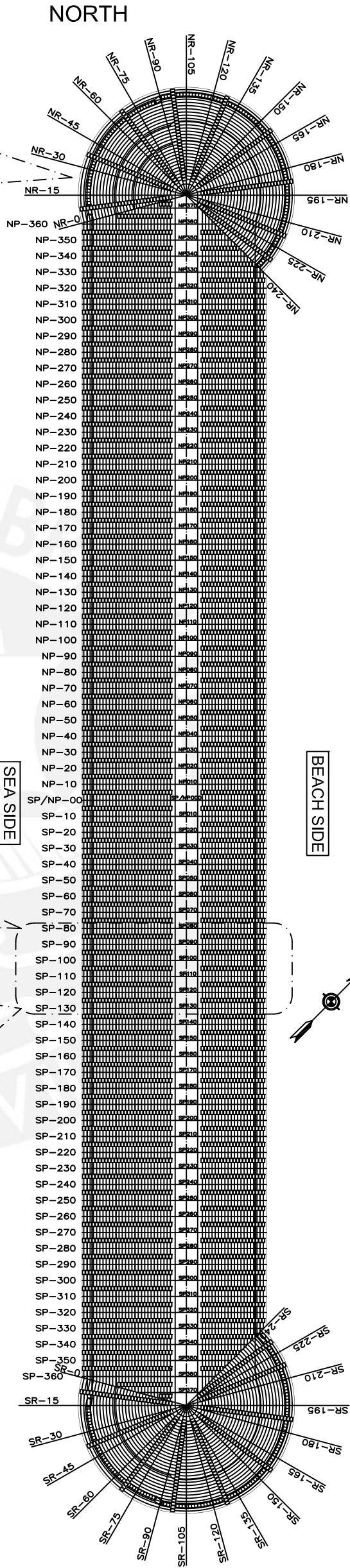
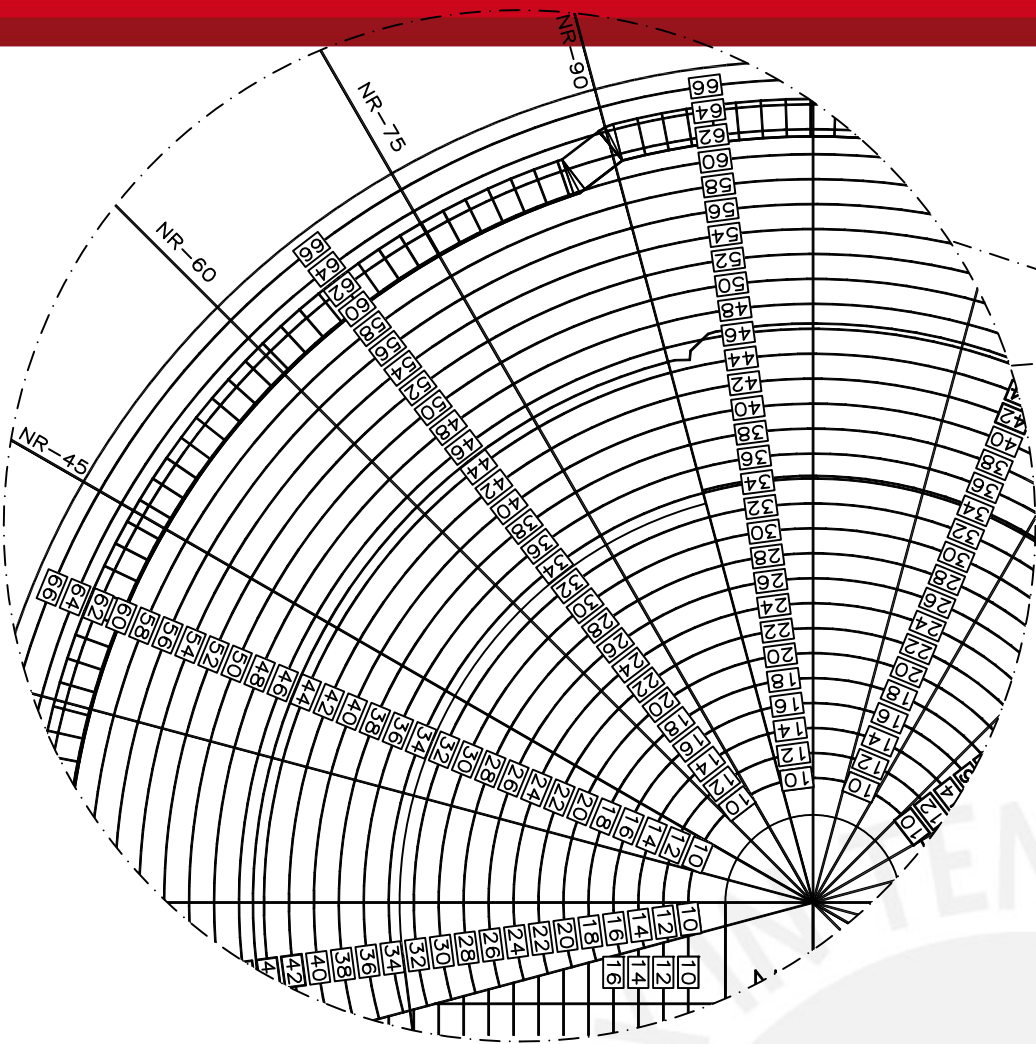
TÍTULO:  
CONSTRUCCIÓN DE UN PONTON AL SUR  
DE LIMA

FECHA:  
Junio 2009

BACHILLER:  
Eduardo Rojas Cuello

# DE FOLIOS:  
7/10





LEGEND

NP	NORTH PART
SP	SOUTH PART
NR	NORTH ROUND HEAD
SR	SOUTH ROUND HEAD

Nombre: \_\_\_\_\_

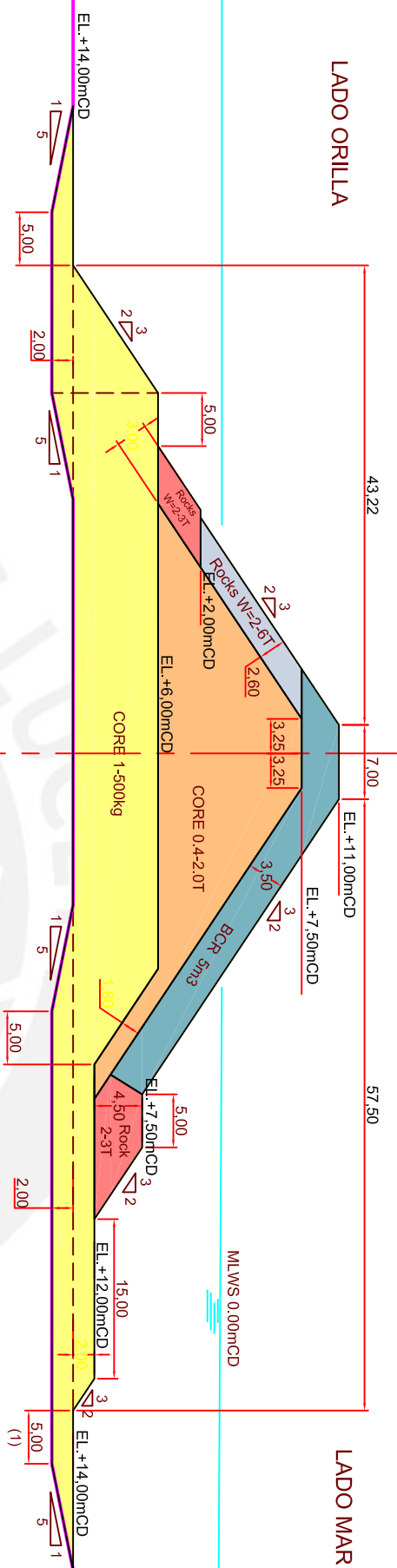
1. ALL DIMENSIONS ARE IN METERS OR OTHERWISE AS SHOWN.

TEMA DE TESIS:	URBANO:
CONSTRUCCION DE UN ROMPEOLAS AL SUR DE LIMA	ESCALA (M):
	FECHA:
PLANO:	BACHILLER:
SECCIONES DE CONTROL	Eduardo Rojas Castillo

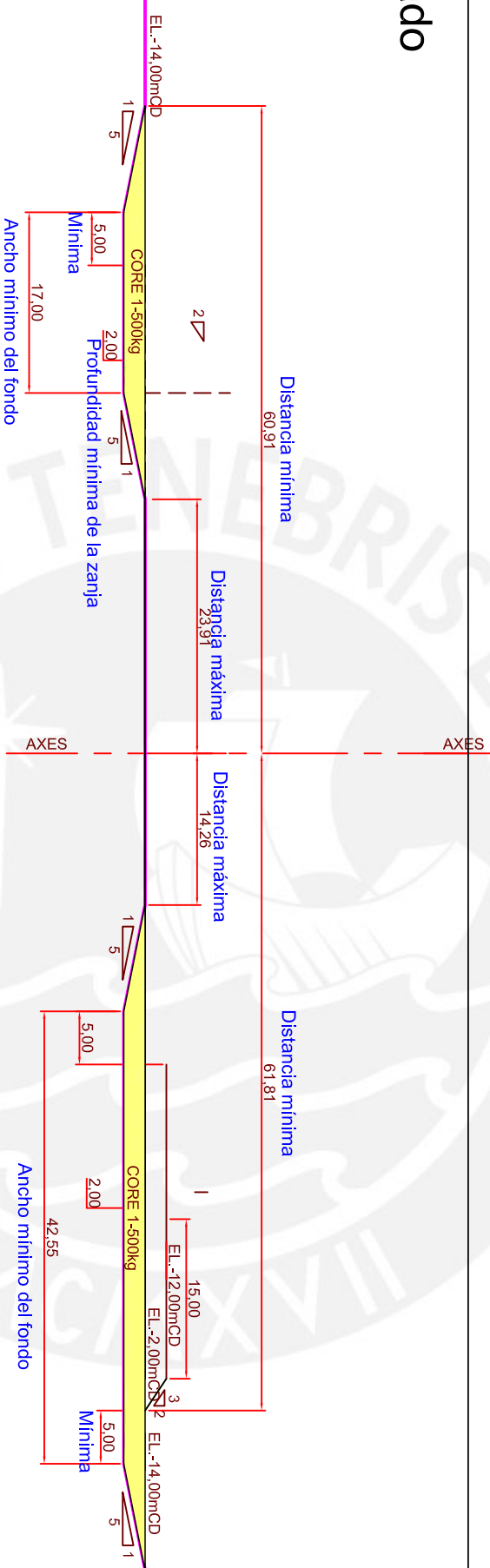


PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

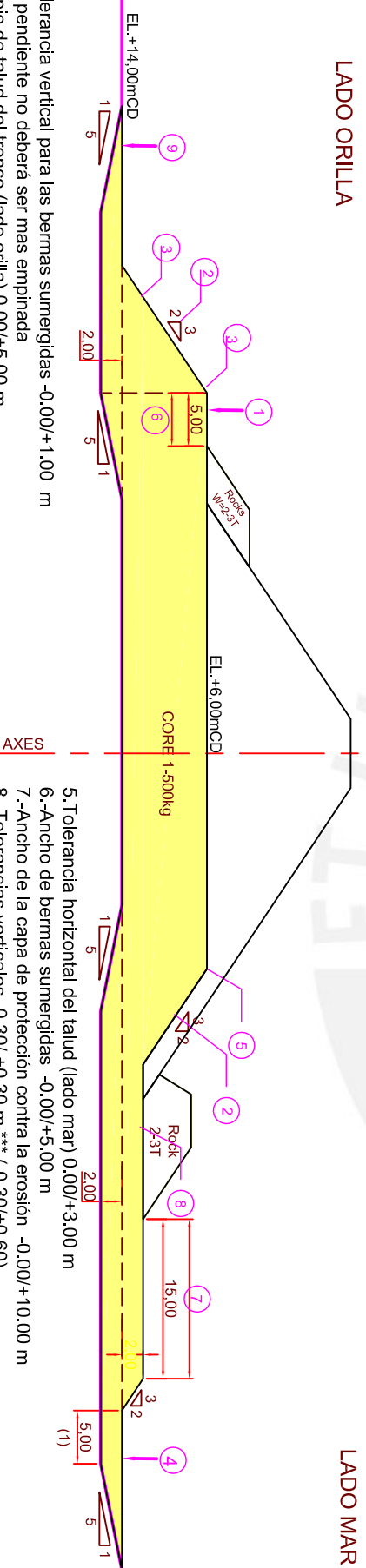
## Perfil teórico del Rompeolas



### Paso 1: Dragado



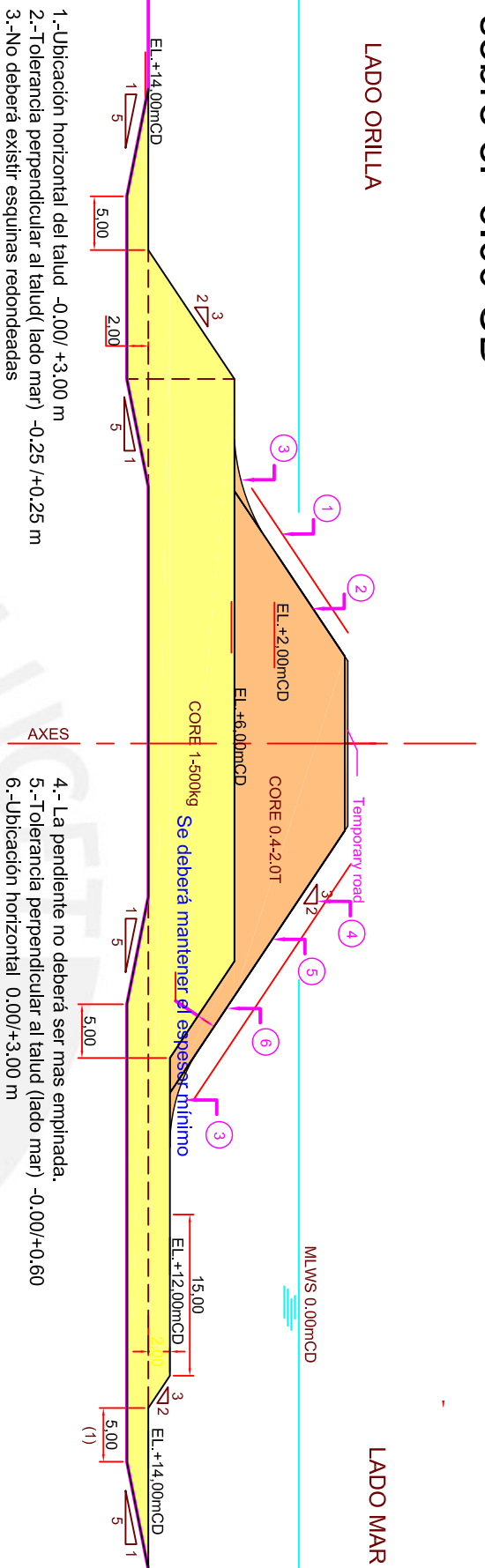
### PASO 2: Filtro debajo del - 6.00 CD



- 1.-Tolerancia vertical para las bermas sumergidas -0.00/+1.00 m
- 2.-La pendiente no deberá ser mas empinada
- 3.-El pie de talud del tronco (lado orilla)-0.00/+5.00 m
- 4.-El relleno de las zanjas (Lado mar y extremos) será el nivel del suelo marino o mas alto

- 5.-Tolerancia horizontal del talud (lado mar) 0.00/+3.00 m
- 6.-Ancho de bermas sumergidas -0.00/+5.00 m
- 7.-Ancho de la capa de protección contra la erosión -0.00/+10.00 m
- 8.-Tolerancias verticales -0.30/ +0.30 m \*\*\* (-0.30/+0.60)
- 9.-Relleno de las zanjas (Lado orilla) -1.00/ +0.00 m

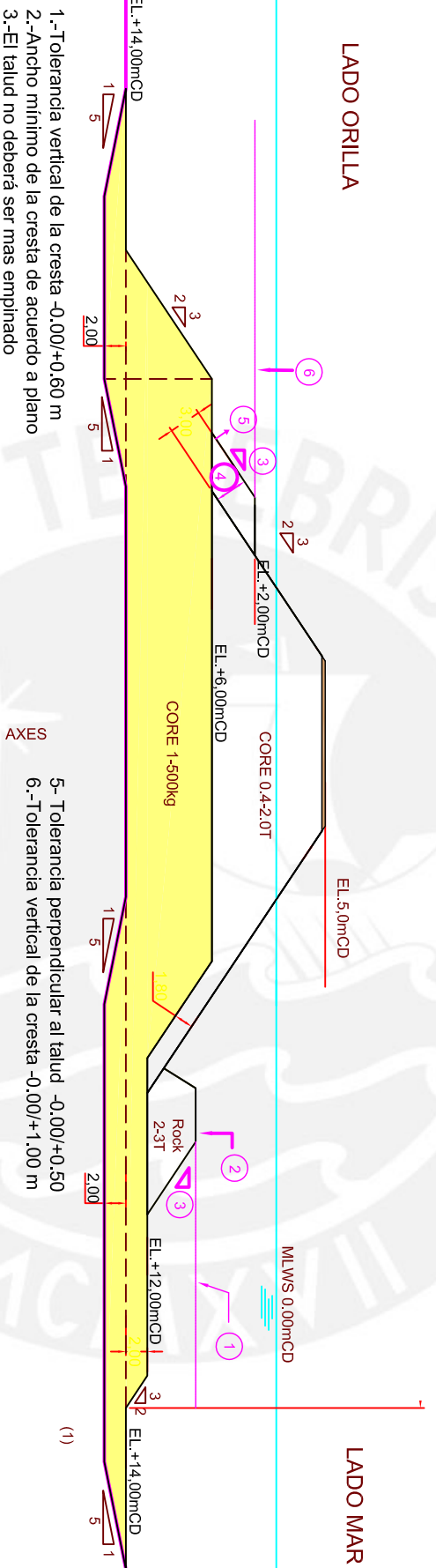
### Paso 3: Núcleo sobre el -6.00 CD



- 1.-Ubicación horizontal del talud -0.00/+3.00 m
- 2.-Tolerancia perpendicular al talud( lado mar) -0.25 /+0.25 m
- 3.-No deberá existir esquinas redondeadas

- 4.- La pendiente no deberá ser mas empujada.
- 5.-Tolerancia perpendicular al talud (lado mar) -0.00/+0.60
- 6.-Ubicación horizontal 0.00/+3.00 m

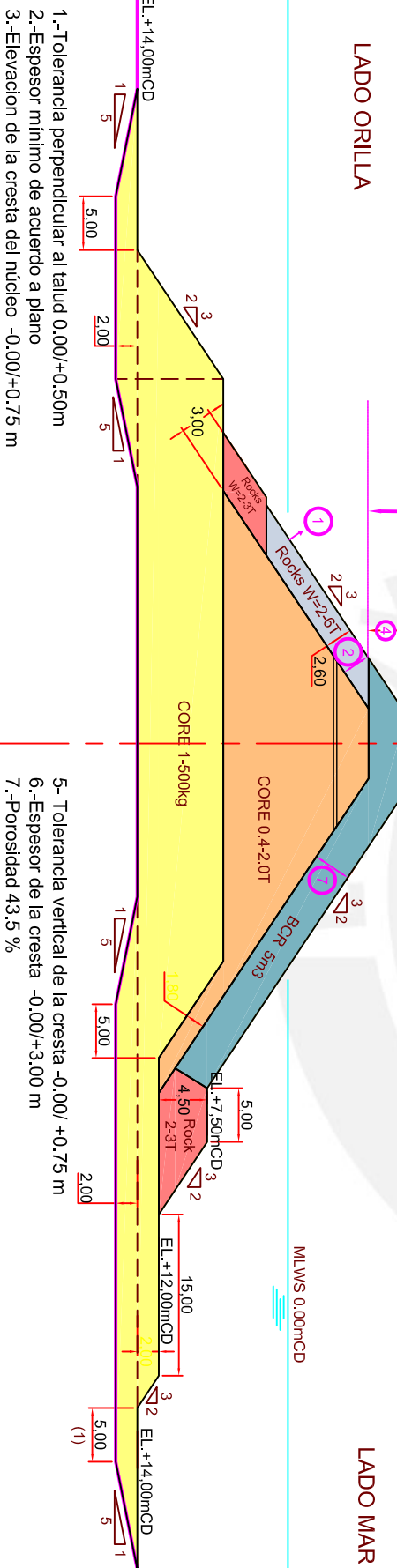
### Paso 4: Pies de talud



- 1.-Tolerancia vertical de la cresta -0.00/+0.60 m
- 2.-Ancho mínimo de la cresta de acuerdo a plano
- 3.-El talud no deberá ser mas empujado
- 4.-Se deberá mantener el espesor mínimo

- 5.- Tolerancia perpendicular al talud -0.00/+0.50
- 6.-Tolerancia vertical de la cresta -0.00/+1.00 m

### Paso 5: capas de protección y BCRs



- 1.-Tolerancia perpendicular al talud 0.00/+0.50m
- 2.-Espesor mínimo de acuerdo a plano
- 3.-Elevación de la cresta del núcleo -0.00/+0.75 m
- 4.-Espesor mínimo de la capa de acuerdo al patron de colocacion

- 5.- Tolerancia vertical de la cresta -0.00/+0.75 m
- 6.-Espesor de la cresta -0.00/+3.00 m
- 7.-Porosidad 43.5 %

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p>		<p>TEMA DE TESIS</p> <p>CONSTRUCCION DE UN ROMPEOLAS AL SUR DE LIMA</p>	<p>UBICACION</p> <p>km 127 Panamericana Sur - Lima</p>
<p>PLANO:</p> <p>TOLERANCIA PARA CADA ETAPA DE LA CONSTRUCCION 2</p>	<p>BACHILLER</p> <p>Eduar Rojas Cabello</p>	<p>FECHA:</p> <p>Junio 2009</p>	<p>PLANO</p> <p>P-10</p>

