



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS

## TRABAJO FIN DE MASTER

# PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE YACIMIENTO AURÍFERO EN CORCOESTO (A CORUÑA).

León, Julio de 2016

Autor: Kevin Gutiérrez Arias.

Tutor: Manuel Jose Camino Llerandi.

El presente proyecto ha sido realizado por D./Dña. Kevin Gutiérrez Arias, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Máster en Ingeniería Minera y de Recursos Energéticos.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D./Dña. Manuel Jose Camino Llerandi, profesor/a del Máster Universitario en Ingeniería Minera y de Recursos Energéticos.

Visto Bueno

Fdo.: D./Dña. Kevin Gutiérrez Arias  
El autor del Trabajo Fin de Máster

Fdo.: D./Dña. Manuel Jose Camino Llerandi  
El Tutor del Trabajo Fin de Máster

## **RESUMEN**

El Trabajo Fin de Máster que se expone a continuación es un proyecto de investigación-explotación de una mina de oro en la localidad de Corcoesto (provincia de A Coruña), realizado por D. Kevin Gutiérrez Arias.

En la redacción del mismo se incluyen tanto la descripción del lugar donde se va a llevar a cabo como la de las infraestructuras necesarias para el correcto funcionamiento de la explotación.

## **ABSTRACT**

The End of Master Degree Project explained below is an ongoing project that has been conducted by Mr. Kevin Gutiérrez Arias and it has been carried out for the mining of a gold mine in the village of Corcoesto, province of A Coruña.

The drafting of the project includes the description of the place where is going to be carried out, the infrastructures and installations necessary for the proper operation of mining.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
1 Introducción.....	1
2 Localización.....	1
3 Historia. Accesos, clima. ....	4
3.1 Accesos.....	5
3.2 Clima.....	6
4 Recursos locales.....	8
4.1 Ubicación de las infraestructuras.....	8
5 Características geológicas y mineralización.....	8
6 Tipos de depósitos. ....	13
6.1 Grupo de vetas paralelas. ....	13
6.2 Vetas de cuarzo. ....	13
6.3 Depósitos en brechas.....	14
7 Perforación.....	15
7.1 Datos de partida.....	15
7.2 Método de perforación aplicado. ....	18
7.3 Plan de sondeos. ....	21
8 Preparación de las muestras y análisis. ....	22
8.1 Reconocimiento de los testigos. ....	22
8.2 Muestreo y ensayo de testigos. ....	24
8.3 Labores de los técnicos competentes.....	26
9 Procesamiento de datos. ....	27
10 Procesamiento de minerales y pruebas metalúrgicas.....	28
10.1 Investigaciones metalúrgicas. ....	28
10.1.1 Descripción de la muestra .....	28
10.2 Pruebas de trabajos de gravedad, flotación y cianuración. ....	28
11 Estimación de recursos minerales. ....	29
12 Métodos de explotación minera.....	31

12.1	Introducción. ....	31
12.2	Secuencia general de la explotación y cortas mineras.....	31
12.3	Operación de Mina.....	32
12.4	Escombreras. ....	32
12.5	Galería de exploración.....	33
13	Tratamiento del mineral. Métodos de recuperación. ....	33
13.1	Introducción. ....	33
13.2	Trituración. ....	34
13.3	Molienda y gravimetría. ....	34
13.4	Flotación y remolienda.....	34
13.5	Lixiviación de concentrados. ....	35
13.6	Manejo del Carbón: Elución, Electrodeposición, Fusión.....	35
13.7	Los Depósitos de Estériles. ....	36
14	Infraestructura del proyecto.....	37
15	Estudio de mercado. ....	39
15.1	Evolución histórica del precio del oro. ....	39
15.1.1	En los últimos 20 años. ....	39
15.1.2	En el último año. ....	39
15.2	Estudio del mercado actual. ....	40
16	Rehabilitación de la mina de Corcoesto. ....	41
16.1	La rehabilitación de los espacios mineros.....	41
16.2	El plan de rehabilitación ambiental de Corcoesto. ....	42
16.3	Tecnología innovadora en la restauración de Corcoesto.....	44
17	Impacto ambiental.....	45
17.1	Introducción. ....	45
17.2	Control y vigilancia ambiental. ....	45
17.3	Gestión del agua.....	47
17.3.1	Sistema de Gestión integral del Agua.....	47
17.3.2	Flujo de Aguas del proyecto. ....	48
17.3.3	Tratamiento de aguas de vertido. ....	48
17.3.4	Consumo de agua. ....	49
17.3.5	Control de la calidad de las Aguas. ....	49
17.4	Gestión ambiental del arsénico.....	49
17.4.1	El arsénico.....	49

---

17.4.2	El arsénico en el entorno de Corcoesto.....	50
17.4.3	El arsénico en la operación minera.....	50
17.4.4	Arsénico y calidad atmosférica.....	51
17.5	Gestión de la calidad atmosférica.....	51
17.5.1	Polvo.....	51
17.5.2	Ruido y vibraciones.....	53
17.6	Flora, fauna y paisaje.....	54
18	Estudio económico.....	55
18.1	Introducción.....	55
18.2	Análisis de la rentabilidad del proyecto.....	55
18.2.1	Introducción al análisis de rentabilidad.....	55
18.3	Valor actual neto (VAN).....	55
18.4	Tasa interna de retorno (TIR).....	56
18.5	Estudio de viabilidad económica.....	56
18.5.1	Ingresos.....	56
18.5.2	Gastos.....	57
	• Dotación de personal y salarios anuales.....	57
	• Minería.....	57
	• Planta de tratamiento.....	58
	• Infraestructuras.....	58
	• Corriente eléctrica.....	59
	• Gestión de las colas de residuos.....	59
	• Rehabilitación de la mina.....	59
	• Resumen de costes.....	59
18.6	Resultados.....	60
19	Conclusiones.....	61
19.1	Creación de empleo.....	61
19.2	Salud y seguridad.....	61
19.3	Impacto socioeconómico del proyecto.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Mapa geográfico.	1
Figura 2.2.	Mapa geográfico concesiones de Corcoesto.	2
Figura 2.3.	Mapa geográfico derechos mineros de RNGM.	2
Figura 2.4.	Vista del pueblo de Corcoesto.	3
Figura 3.1.	Climograma.	6
Figura 3.2.	Diagrama de temperaturas.	7
Figura 5.1.	Mapa geológico de la zona Galicia-tras-os-montes	8
Figura 5.2.	Sistema de filones del depósito.	10
Figura 5.3.	Mineralización típica del Pozo del Inglés.	11
Figura 5.4.	Zonas mineralizadas en el área de Petón de Lobo.	12
Figura 6.1.	Muestras de testigos.	14
Figura 7.1.	Sección transversal de Petón de Lobo.	16
Figura 7.2.	Mapa Plan de Sondeos realizados en Corcoesto.	17
Figura 7.3.	Esquema de perforación de corona de diamante.	18
Figura 7.4.	Testigo en interior del tubo interior.	19
Figura 7.5.	Operación de extracción de testigo.	20
Figura 7.6.	Coronas con diferentes diámetros de perforación.	21
Figura 7.7.	Máquina de sondeos.	21
Figura 8.1.	Trabajo con testigos de roca y cajas portatestigo.	22
Figura 8.2.	Aspecto de estructuras planas y fallas en testigos de roca.	23
Figura 8.3.	Efecto de escala en los testigos de sondeos.	24
Figura 11.1.	Modelo de recursos.	30
Figura 12.1.	Ubicación de las cortas mineras.	31
Figura 13.1.	Tratamiento del mineral.	33
Figura 13.2.	Esquema del circuito cerrado del agua del proceso.	37
Figura 14.1.	Diseño de la planta mineralúrgica.	37
Figura 15.1.	Gráfica de la evolución del precio del oro en los últimos 20 años.	39
Figura 15.2.	Gráfica de la evolución del precio del oro en el último año.	39
Figura 16.1.	Proceso de sellado de balsas.	41
Figura 16.2.	Recreación de la restauración de la mina en Corcoesto.	42
Figura 17.1.	Técnico tomando muestras.	46
Figura 17.2.	Estudio de dispersión de material particulado.	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	Resumen sondeos realizados hasta la fecha.	5
Tabla 3.2.	Tabla climática.	7
Tabla 7.1.	Metros perforados.	17
Tabla 11.1.	Estimación de recursos minerales.	29
Tabla 18.1.	Dotación de personal y salarios anuales.	57
Tabla 18.2.	Costes de extracción.	57
Tabla 18.3.	Costes planta de tratamiento.	58
Tabla 18.4.	Costes realización infraestructuras.	58
Tabla 18.5.	Resumen de costes.	59
Tabla 18.6.	Viabilidad económica	60

## 1 Introducción.

El proyecto de oro de Corcoesto es un depósito aurífero situado en Galicia. Es más que probable que sea el mayor yacimiento de oro de Europa.

La propiedad se mantiene bajo tres concesiones de explotación en propiedad de Río Narcea Gold Mines, SL.

La mineralización de oro en Corcoesto se encuentra en vetas de cuarzo-arsenopirita con una tendencia estructural del mineral en 70° NE. La exploración ha tenido mucho éxito en la localización y la definición de los recursos de oro, utilizando una combinación de muestreo de suelos mediante geoquímica, excavación de zanjas, mapeo geológico, y la perforación.

Las pruebas metalúrgicas indican que la recuperación de oro estaría entorno al 89%, mediante trituración, molienda, recuperación por gravedad, flotación y cianuración de las colas de flotación.

## 2 Localización.

El proyecto aurífero de Corcoesto está localizado aproximadamente a 1,5 kilómetros al este del pueblo de Corcoesto, a unos 12 kilómetros al oeste de la ciudad de Carballo y a unos 36 kilómetros al suroeste del puerto marítimo de A Coruña.

La propiedad incluye tres concesiones de explotación que abarcan 773,6 hectáreas de superficie, que son 100 % propiedad de Río Narcea Gold Mines, SL.

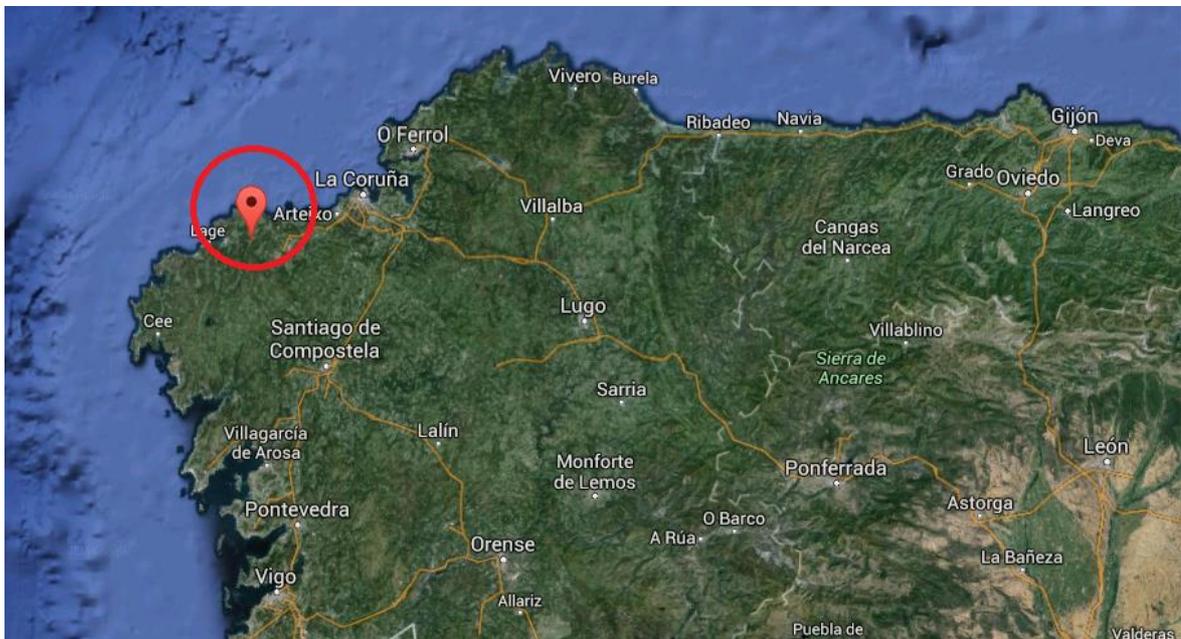


Figura 2.1.- Mapa geográfico.



Figura 2.2.- Mapa geográfico concesiones de Corcoesto.

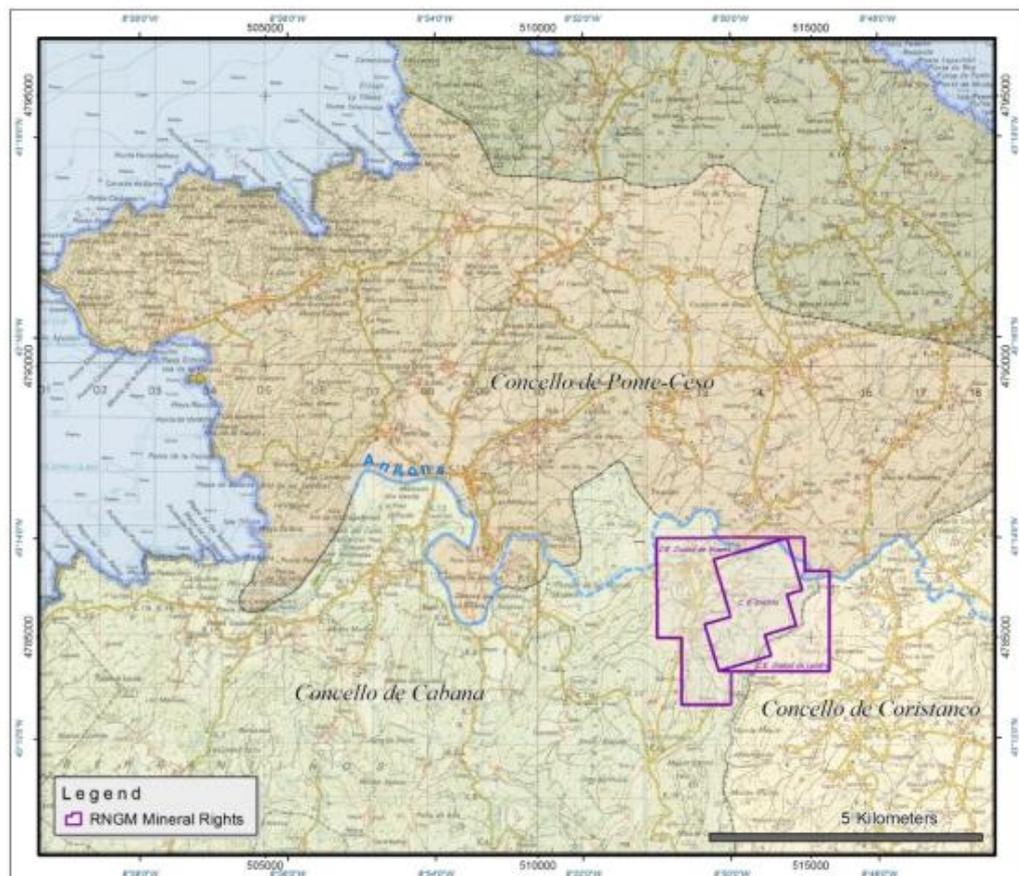


Figura 2.3.- Mapa geográfico derechos mineros de RNGM.

El depósito aurífero está situado en las coordenadas 43°13'30" N y 8°49'30" O, en el término municipal de Cabana de Bergantiños. En el área del proyecto, se encuentra una pequeña oficina central junto con el almacén y las instalaciones de preparación de muestras.

El Proyecto de Corcoesto, está a 10 Kilómetros al este de la costa atlántica en altitudes que oscilan entre 50 metros en el norte y 250 metros en el suroeste. El río Anllóns atraviesa a la zona de este a oeste y en la actualidad representa el límite norte de la propiedad. La superficie de la mina propuesta se ha utilizado principalmente para la extracción comercial de madera de pino y eucalipto.



Figura 2.4.- Vista del pueblo de Corcoesto.

### 3 Historia. Accesos, clima.

El interés por el oro en el noroeste de España data de hace más de 4.000 años, aunque la mayor intensidad minera se llevó a cabo entre el año 73 y el 217 dC durante la ocupación romana de la región.

Después del período romano, no hubo más minería de oro en Corcoesto hasta 1895, cuando la compañía inglesa "Sagasta Gold Mines Ltd" inició la explotación de las vetas de cuarzo menos profundas.

Se estima que esta compañía ha desarrollado alrededor de 3.000 metros de labores subterráneas (socavones y pozos), la explotación de 12 vetas de cuarzo; mientras que la producción de oro se estima en 67,5 kg entre 1895 y 1910.

Entre 1918 y 1926, la empresa "La Aurífera Gallega" investigó a través de las vetas de cuarzo de los trabajos subterráneos, aunque no hubo producción de oro.

En 1942, la empresa estatal IGM (Instituto Geológico y Minero) reportó la presencia de vetas de cuarzo con arsenopirita que tienen espesores desde 0,25 metros hasta 1,40 metros, y longitudes entre 10 metros y 200 metros, con un promedio de 13,4 g Au/t. El IGM hizo una estimación de 255.000 toneladas a 20 g de Au/t (180.000 onzas de oro) en Corcoesto.

Esa es una estimación poco fiable.

En años más recientes, la exploración de la zona se ha llevado a cabo por varias compañías:

- Riotinto Patiño mantuvo la propiedad entre 1972 y 1973.
- Goldfields, en 1975, llevó a cabo la excavación de zanjas y muestreo, y estimó las reservas en 65.000 t a 0,3 g de Au/t (441.000 onzas de oro) a 100 m de la superficie.
- El IGME realizó mapeo, muestreo y geoquímica del suelo durante 1974-1976, y descubrió nuevas anomalías más allá de aquellas previamente identificadas por antiguos trabajos.
- Exploraciones Mineras del Cantábrico perforó varios objetivos, entre 1983 y 1987.
- Riotinto Minera investigó entre 1987 y 1990. Continuó el programa de perforación de sondeos profundos (la mayor profundidad alcanzada fue 746.50 metros). En total, el IGME y Riotinto perforaron aproximadamente 10.000 m en 50 sondeos, con un promedio 200 m por cada perforación. Su estimación de recursos para todo el depósito fue 19.000 t a 0,91 g de Au/t (610.000 onzas de oro).
- La participación de Rio Narcea Gold Mines (RNGM), en el proyecto Corcoesto comenzó en 1996, cuando estaban disponibles todos los datos de Riotinto, incluyendo informes, mapas y datos de sondeos perforados. Río Narcea recopiló toda la información y creó una base de datos. También recalcularon los recursos para todo el proyecto Corcoesto. La estimación de RNGM en ese momento era 4.770 t a 2,35 g Au/t (395.500 onzas de Au).

Con posterioridad a la recopilación de datos, RNGM comenzó el reconocimiento del campo y toma de muestras en las zonas subterráneas y en varios afloramientos. Este trabajo se completó con mediciones geoquímicas del suelo, en total se cogieron 422 muestras, tomadas cada 50 m en 11 líneas NO-SE espaciadas 250 m de distancia.

En 1998 se comenzó un programa detallado de excavación de zanjas, y se finalizó en el año 2000. Este programa incluye 142 zanjas (17.079 m de zanjas) y 10.538 muestras.

- Al mismo tiempo que realizaban el programa de apertura de zanjas, RNGM comenzó a perforar en tres de las principales estructuras, concretamente en Cova Crea, Petón de Lobo y Pozo del Inglés.

RNGM perforó un total de 1.197 m en 11 sondeos en el año 1998; 927m en 11 sondeos en 1999, y 1.609 m en 37 sondeos de poca profundidad en el año 2000. La actualización de la estimación de recursos al final de 2000 mediante las zanjas, y los resultados de la perforación fue de 3.500 t a 1,55 g Au/t (191.350 onzas de Au) dentro de esas estructuras.

- En abril de 2001 se presentó un Plan de Explotación a las autoridades mineras de Galicia para realizar una lixiviación por montones (heap leaching) en Corcoesto, y entre noviembre de 2002 y mayo de 2003, se completó un programa de perforación, con 11.953 m perforados a testigo y 2.400 m perforados mediante circulación inversa, en un total de 153 sondeos. Al finalizar el programa, se perforaron 12 sondeos más, 1108 metros a testigo.
- Durante el año 2005, Kinbauri firmó un acuerdo con RNGM para explorar aún más la propiedad. Kinbauri realizó un muestreo geoquímico, excavación de zanjas y la perforación hasta el año 2009, momento en el cual regresó a ser propiedad de RNGM. En total realizaron 57 sondeos, perforando a testigo 8.710 metros.

En resumen, la perforación realizada hasta la fecha, es la siguiente:

Tabla 3.1.- Resumen sondeos realizados hasta la fecha.

EMPRESA	TIPO DE PERFORACION	NUMERO DE SONDEOS	PROFUNDIDAD (m)
Kinbauri	Testigo	57	8.710
RNGM	Testigo	193	16.858
RNGM	Circulación inversa	31	2.284
Riotinto	Testigo	38	7.583
<b>TOTAL</b>		<b>319</b>	<b>35.435</b>

### 3.1 Accesos.

La región de Corcoesto tiene limitadas infraestructuras comerciales. La actividad principal es la agrícola; también hay pequeñas explotaciones ganaderas.

Aunque hay varias granjas pequeñas dentro de un radio de 10 km del área del proyecto, los objetivos principales para la exploración y el desarrollo no están en áreas cultivadas y se encuentran la gran mayoría en terreno deshabitado.

Los principales centros comerciales de la región están en la localidad de Carballo, a 19 km por carretera desde Corcoesto y la ciudad de A Coruña, que está a 58 km por carretera de Corcoesto. La zona dispone de buenas carreteras secundarias, que conectan Corcoesto con Carballo; A Coruña y Carballo están bien conectadas por la autopista A-55.

Los dos aeropuertos principales son los de A Coruña y Santiago de Compostela, que se encuentran a unos 75 minutos cada uno.

Cerca del proyecto, el acceso es a través de carreteras pavimentadas secundarias, que tienen una anchura mínima de 4 m. El pueblo de Corcoesto consiste en pequeños centros dispersos de población ubicados al oeste, pero se encuentran fuera de la zona donde se han planificado las operaciones de minería.

### 3.2 Clima.

El clima en Corcoesto es cálido y templado. En invierno hay en Corcoesto mucha más lluvia que en verano. La temperatura media anual en Corcoesto se encuentra en 14.1 °C. La precipitación es de 1099 mm al año.

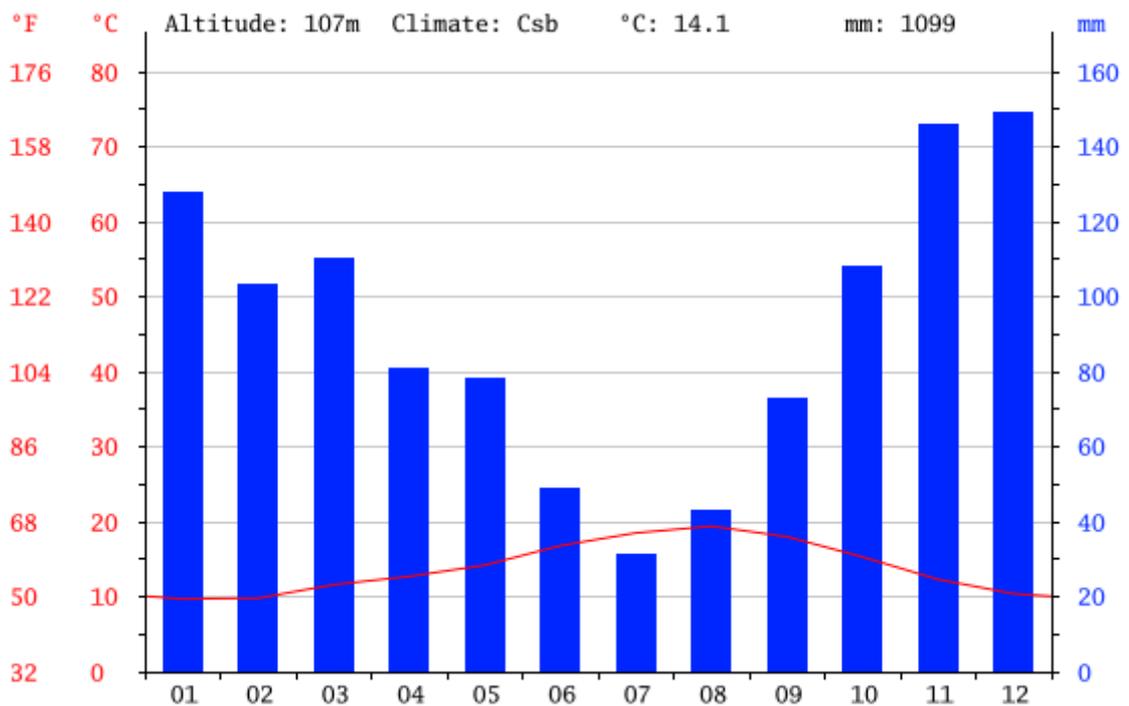


Figura 3.1.- Climograma.

El mes más seco es julio, con 31 mm. Mientras que el más lluvioso es diciembre, con 149 mm.

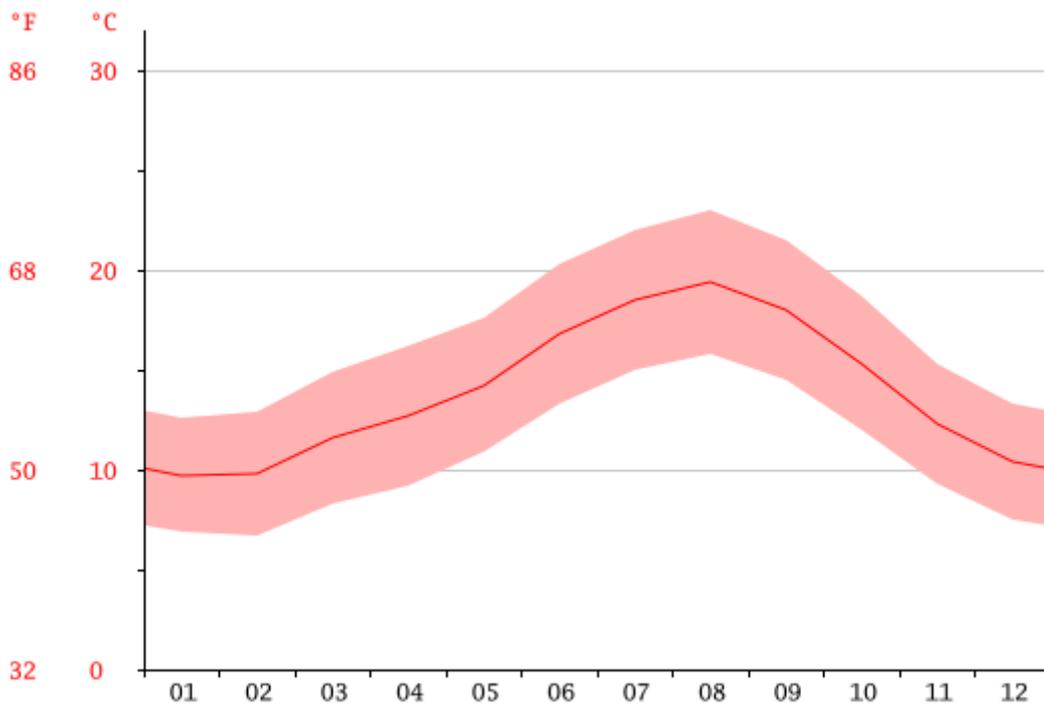


Figura 3.2.- Diagrama de temperaturas.

El mes más caluroso del año con un promedio de 19.4 °C es agosto. El mes más frío del año con 9.7 °C es enero.

Tabla 3.2.- Tabla climática.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	128	103	110	81	78	49	31	43	73	108	146	149
°C	9.7	9.8	11.6	12.7	14.2	16.8	18.5	19.4	18.0	15.3	12.3	10.4
°C (min)	6.9	6.7	8.3	9.2	10.9	13.3	15.0	15.8	14.5	12.0	9.3	7.5
°C (max)	12.6	12.9	14.9	16.2	17.6	20.3	22.0	23.0	21.5	18.7	15.3	13.3

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 118 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en 9.7 °C.

## 4 Recursos locales.

Los consumibles y otros suministros serán transportados en camión a través de la Ruta CA-418 Carballo-Buño, AC-419 Buño-Ponteceso y a lo largo de la ruta de acceso norte CP-1405 de Pazos a la planta e instalaciones.

### 4.1 Ubicación de las infraestructuras.

El acceso dentro de la propiedad comienza en el oeste, cerca del pueblo de Corcoesto, pasa por el norte del Pozo del Inglés y luego sigue el camino de la mina hacia el sur hasta el sitio de la planta. El almacenamiento de químicos, depósito y área de descarga se encuentran adyacentes a la planta a lo largo del borde este de la cuenca del río Lourido.

La ubicación de la planta se encuentra al este de los pozos, a través del valle de Lourido en la parte plana de la cresta. Inicialmente, el mineral será acarreado a la planta a través de una pista, realizada con los materiales del desmonte previo.

Otra ubicación alternativa para la planta se encuentra en el lado oeste del valle Lourido, al sur de la fosa Cova Crea.

## 5 Características geológicas y mineralización.

Geológicamente, el yacimiento se encuentra dentro de una banda de cizalla dextral, con tendencia N30E de unos 2 Km de anchura, que conforma el denominado dominio esquistoso de la zona de Galicia-trás-os-montes del macizo ibérico.

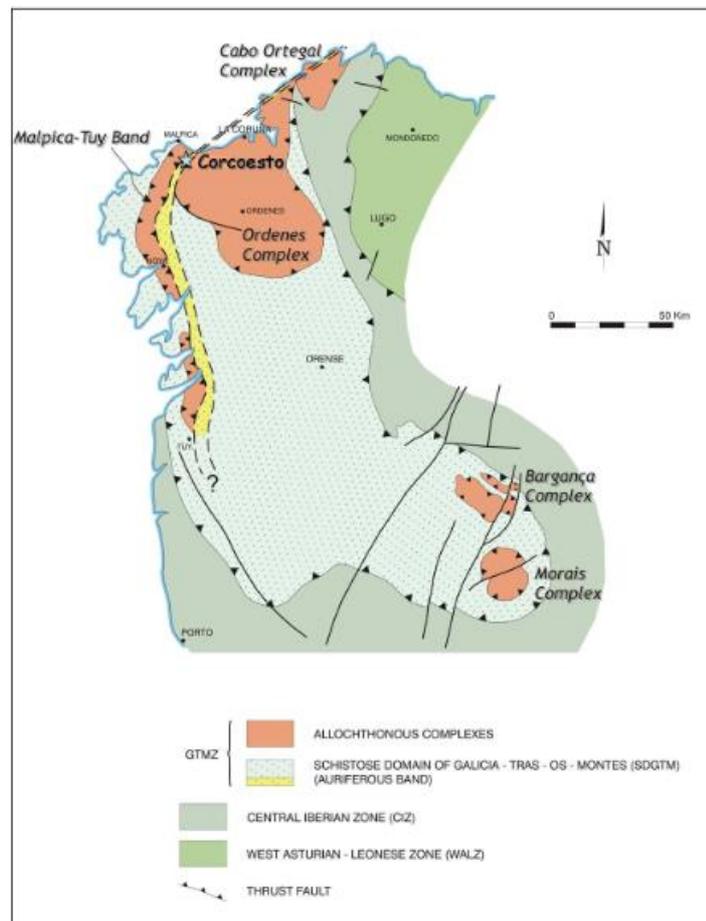


Figura 5.1.- Mapa geológico de la zona de Galicia-trás-os-montes.

El SDGTM representa el punto más bajo dentro de la zona Galicia- Tras Os Montes (GTMZ) en el Macizo Ibérico Hercínico. El SDGTM es una unidad de grado metamórfico medio, fuertemente deformado con pliegues y fallas inversas reclinadas. Se compone de metasedimentos (filitas, gravas, cuarcitas y sílex) del Precámbrico a la edad del Devónico, y ortogneises derivados de granitos y migmatitas Hercínicas.

Aunque el metamorfismo Hercínico ha producido abundantes rocas migmatitas en la zona, hay elementos que pueden ser clasificados como rocas metasedimentarias, en su mayoría esquistos biotíticos.

- Esquistos biotíticos: Los esquistos biotíticos son principalmente biotita (por encima del 80 %), con algo de moscovita, poco cuarzo y cristales deformados de feldespato. En esta etapa temprana, el filón de cuarzo está fuertemente foliado y es donde se alojan los esquistos biotíticos. Estos filones de cuarzo tienden a ser paralelos a la esquistosidad y no están mineralizados.
- Paragneises: Otras rocas similares a los esquistos biotíticos, con biotita predominante, poco cuarzo y cristales de feldespato, pero con fuerte esquistosidad y textura gnéica.

Las rocas ígneas en la zona Corcoesto están relacionadas con granitos sincinemáticos que fueron deformados durante las etapas finales de formación. El metamorfismo de estas rocas genera una fuerte foliación y textura gnéica. Estas rocas se clasifican en:

- Gneis biotítico: Roca formada por cuarzo, feldespato y mica (biotita predominante) con la textura que varía de holocristalina homogénea a gnéica. Aparecen sobre todo en la parte central-oeste del proyecto, en El Pozo del Inglés y en el oeste de Cova Crea.
- Gneis leucocrático: Roca formada por cuarzo, feldespato y mica (moscovita predominante) con una fuerte textura foliada y deformada.

Dos principales gneises leucocráticos están dispuestas en franjas con tendencia N30E en la parte oriental del proyecto y son la roca madre para la mineralización en las áreas Cova Crea Este y Petón de Lobo. Una esquistosa franja separa las dos bandas de gneis leucocráticos.

Los gneises biotíticos y los paragneises se agrupan y se clasifican como rocas migmatitas en el mapa geológico de Corcoesto y aparecen al oeste de los gneises leucocráticos y en las partes orientales de la zona del proyecto.

La mayoría de litologías en Corcoesto están dispuestas en forma de franjas paralelas a la zona de corte principal y con una tendencia N30E, con una inclinación de aproximadamente 70° hacia el NO.

Está limitado, tanto al este como al oeste, por grandes estructuras con una historia de deformación compleja. El límite oeste es el contacto con la unidad de Malpica-Tui, que habría funcionado como una zona de cizalla durante la deformación Varisca (hace más de 300 millones de años).

A lo largo de esta estructura, conocida como el cinturón aurífero de Malpica-Tui, en el cual se incluye el yacimiento de Corcoesto, se encuentran numerosos indicios de presencia de oro.

La mineralización aurífera de Corcoesto consiste en un sistema de filones de cuarzo, agrupados en franjas de cientos de metros de longitud y varios metros de espesor, que forman los cuerpos mineralizados del yacimiento. El oro se encuentra dentro de los filones de cuarzo, junto con otros minerales asociados como la arsenopirita (mineral muy frecuente en este tipo de yacimientos, tanto en Galicia como en otras partes del mundo). Como su nombre indica, contiene arsénico en su forma natural y es por esta razón que las aguas subterráneas de la zona presentan niveles de arsénico superiores al habitual.

El depósito de oro Corcoesto se compone de varios sistemas de filones, todos ellos con tendencia en dirección noreste, como se muestra en la figura.

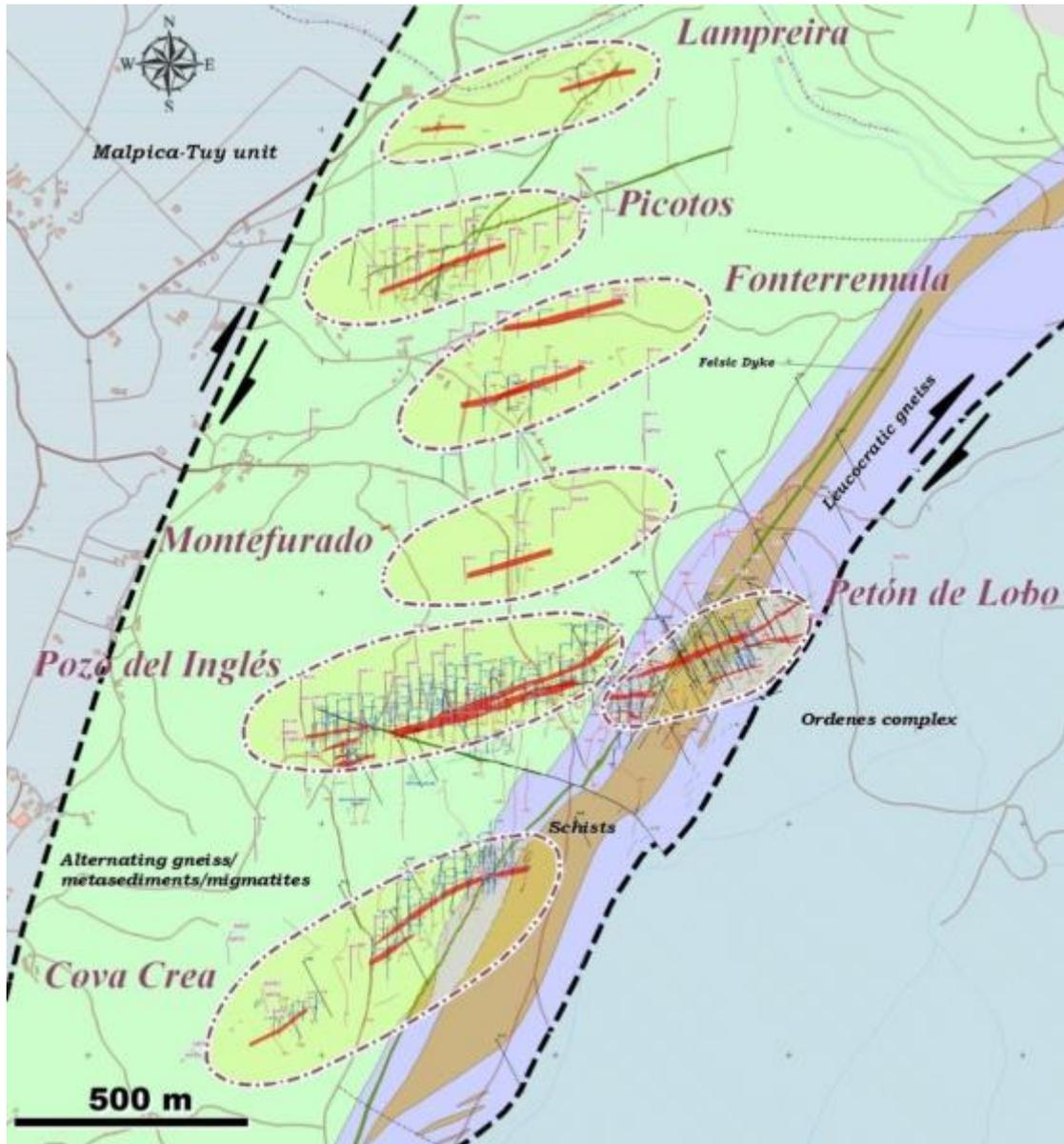


Figura 5.2.- Sistema de filones del depósito.

El sistema de vetas más al sur es el sistema de vetas Cova Crea. La parte NE de la estructura, está alojada en la franja de ortogneis de grano fino. Al SO, el sistema Cova Crea se encuentra alojado en migmatitas, gneis biotítico y paragneis. Las estrechas vetas de cuarzo con arsenopirita diseminada en zonas amplias de silicificación, son predominantes.

La mineralización típica de Cova Crea se muestra en la Figura 5.3, donde predominan las franjas de bajo-medio contenido en oro (entre 1.5 y 2.0 g Au/t). También se aprecia un importante núcleo de grado más alto (por encima de 3 g Au/t).

La estructura ha sido perforada a lo largo de al menos 500 m y a una profundidad vertical de 100 metros y la mineralización permanece abierta hacia el oeste y en profundidad.

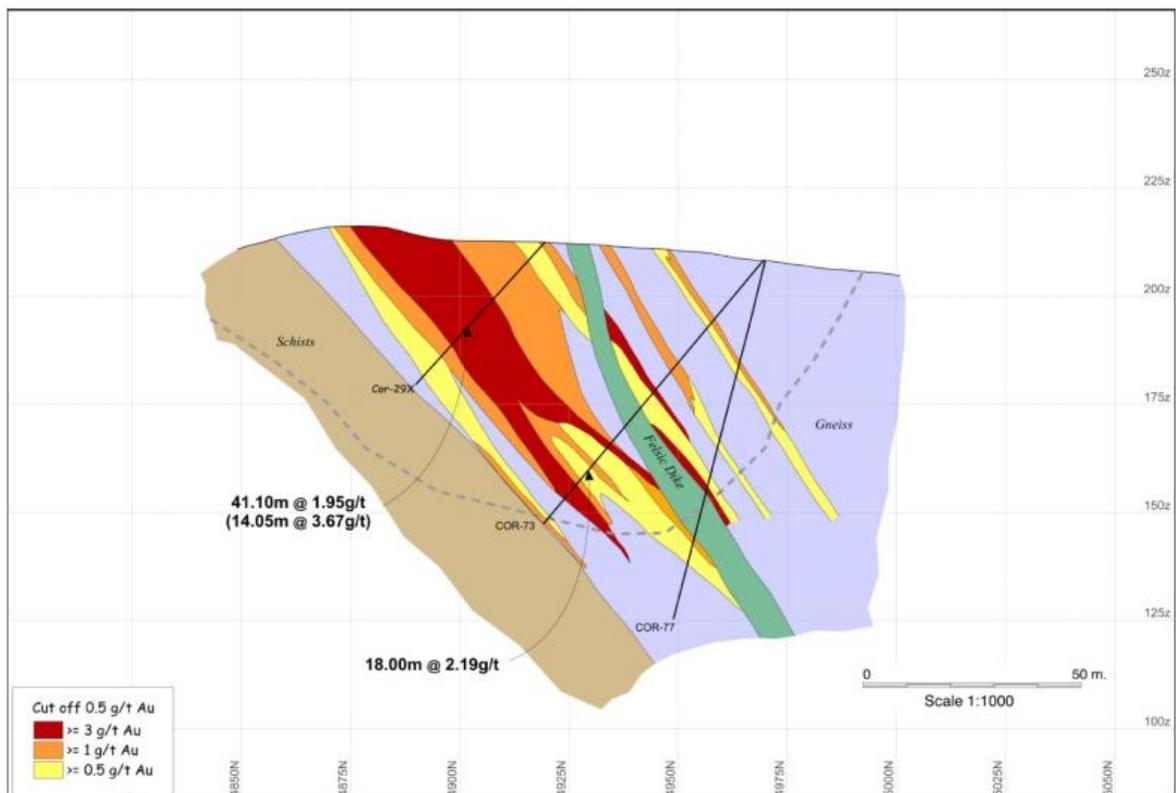


Figura 5.3.- Mineralización típica del Pozo del Inglés.

La estructura mineralizada más importante en el depósito de oro de Corcoesto, es una estructura con tendencia N70E en la zona central del yacimiento, que es transversal a todas las unidades litológicas con tendencia N30E. Las partes central y oeste de esta estructura han sido nombradas como el sistema de filones del Pozo del Inglés. La parte más oriental de la estructura se llama el sistema de filones del Petón de Lobo.

El Pozo del Inglés muestra el oro de mayor calidad y continuidad en el depósito de oro de Corcoesto, particularmente entre las secciones 3460E y 3860E. Las litologías predominantes son migmatitas que tienen texturas que varían de holocristalina homogénea a gnéisica, y gneises biotíticos que bordean las capas graníticas.

La mineralización de mayor grado se compone de vetas de cuarzo gris azulado con tendencia N70-80E. Estas vetas contienen arsenopirita diseminada (3% - 10%) alojada en las zonas más grandes de silicificación.

El área Petón de Lobo fue intensamente perforada por RNGM durante el programa de 2003 para confirmar la mineralización, pero no fue completada hacia el este ni en profundidad.

Kinbauri perforó dos sondeos profundos en esta área, a principios de 2006 y los resultados mostraron un excelente potencial para la explotación a cielo abierto y en mina subterránea.

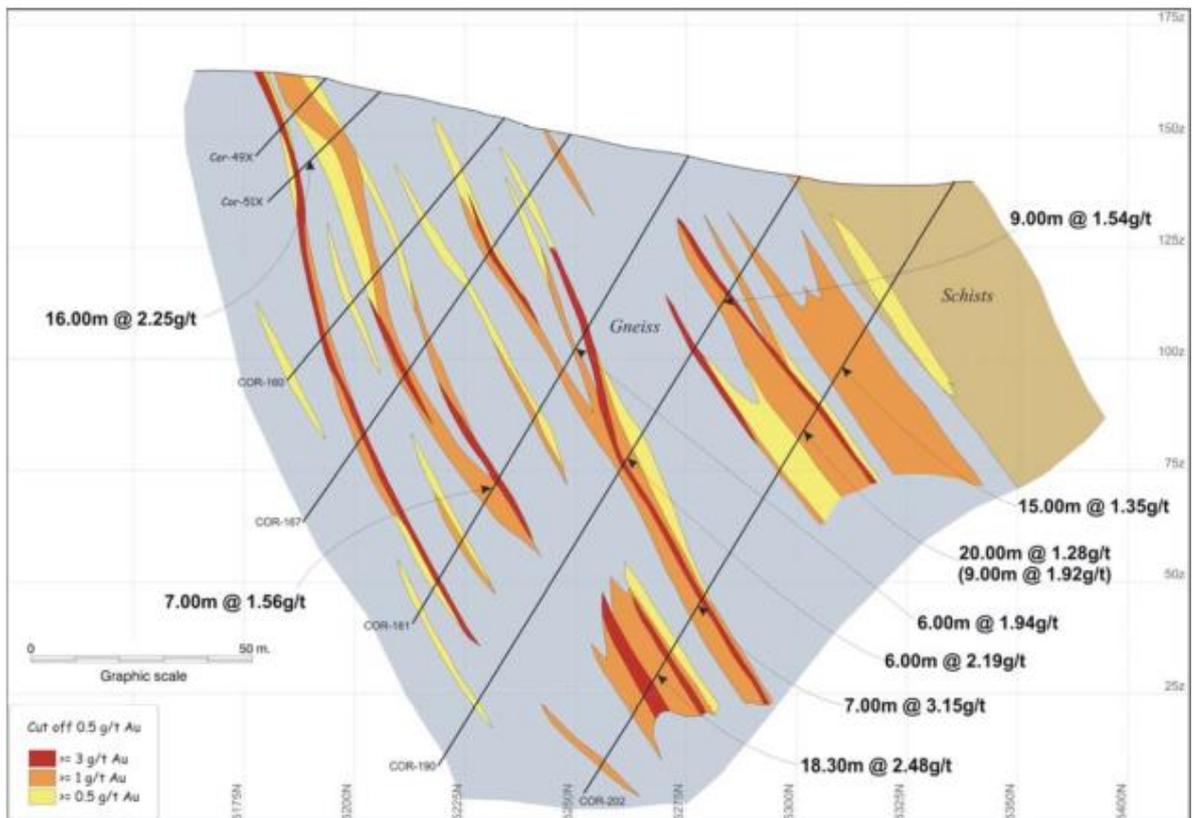


Figura 5.4.- Zonas mineralizadas en el área de Petón de Lobo.

## 6 Tipos de depósitos.

El oro en Corcoesto está relacionado con las zonas extensionales con tendencia N70E, que representan el segundo orden de cizallas dextrales, dentro del primer orden N30E, Malpica-Noia que es la principal banda dextral.

El oro de mayor grado de mineralización se encuentra en vetas de cuarzo con arsenopirita, que con frecuencia se encuentran en grandes zonas de silicificación que contienen frecuentemente arsenopirita diseminada alojada dentro de alteraciones potásicas.

### 6.1 Grupo de vetas paralelas.

Las vetas paralelas se desarrollan principalmente en ortogneis leucocrático de grano fino que está presente en la zona Cova Crea y en áreas de la zona Peton de Lobo.

Por lo general consiste en un sistema de vetas de cuarzo separadas milimétrica, con orientación N80O-70O con arsenopirita diseminada.

En este grupo de vetas se pueden desarrollar zonas mineralizadas con grandes espesores, hasta 40 m, con contenido en oro entre 1 y 2 g Au/t, alcanzando en algunas zonas entre 3 y 4 g Au/t.

El contenido de arsénico de estas vetas es relativamente bajo, entre 0,5 y 1,0%.

Toda la zona muestra silicificación, alteración potásica y una fuerte muscovitización que sustituye a la biotita.

### 6.2 Vetas de cuarzo.

Este tipo de mineralización consiste en vetas de cuarzo y arsenopirita, de color gris-azulado, paralelas a las zonas extensionales N70E.

Son comunes en las litologías de Corcoesto los gneises leucocráticos de grano grueso, gneises biotíticos, paragneises y los esquistos.

Las vetas mineralizadas alojadas en los esquistos son menos continuas en comparación con las venas alojados en el resto de las litologías.

Las vetas de cuarzo se encuentran en las zonas más grandes de silicificación, que comúnmente contienen arsenopirita diseminada, con sericita y alteración potásica. En ellas la sustitución de sílice es muy intensa, sin embargo, puede ser difícil de establecer un límite entre la veta y la pared de la roca de silicificación.

El grado de oro en zonas de alteraciones débiles por silificación se encuentra entre 0.2 g Au/t y 1 g Au/t (incluso en los casos de alto contenido de arsenopirita, por encima de 5%).

El espesor de las vetas de cuarzo de mayor calidad dentro de las zonas silificadas no supera el metro, y normalmente es menos de 0.5 metros.

Por lo tanto, la ley de oro de las zonas mineralizadas depende del espesor y el número de vetas de cuarzo, más que de la intensidad de silicificación.

En el Pozo del Inglés, un sondeo realizado en varias vetas subparalelas localizadas en una zona silificada, ha dado hasta 12,21 g Au/t con un espesor de 9 metros.

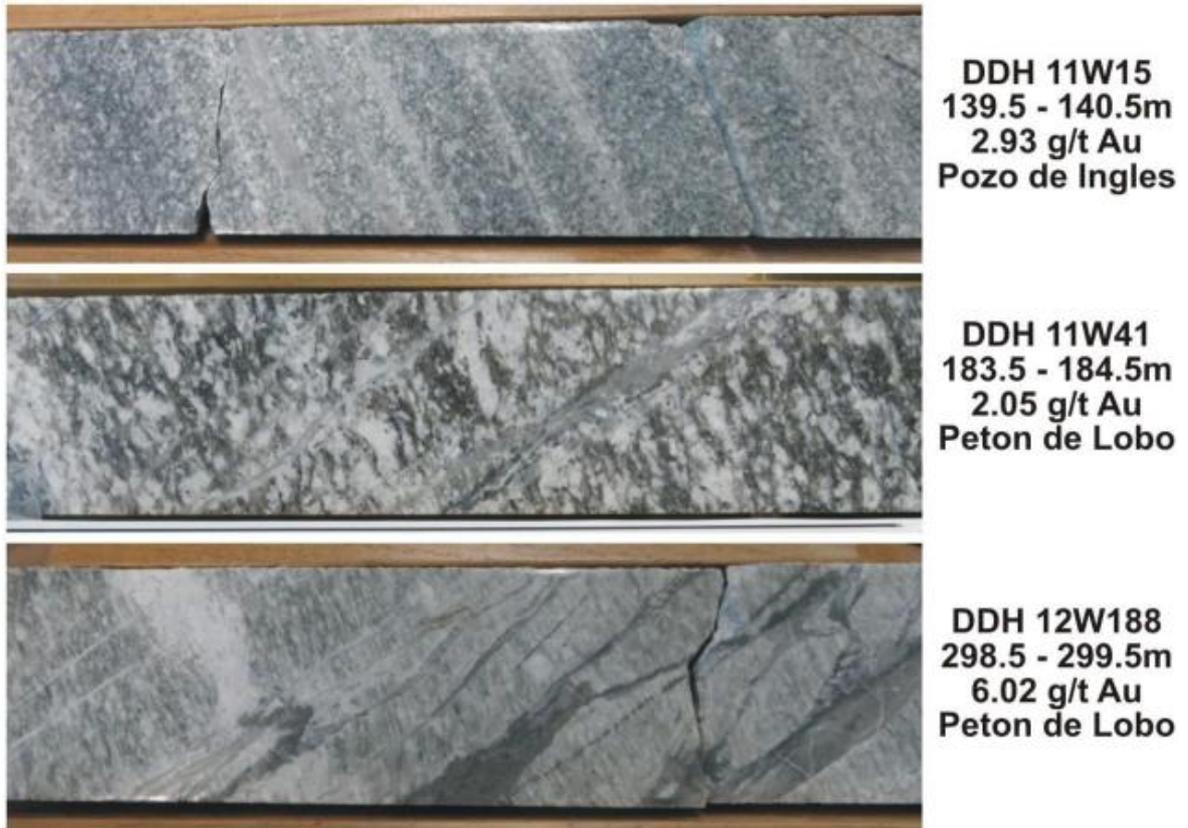


Figura 6.1.- Muestras de testigos.

El contenido de arsénico en estas zonas es generalmente más alto que en las zonas de vetas paralelas, normalmente por encima del 1%.

Las leyes de oro más altas encontradas en el depósito se encuentran en este tipo de mineralización, en la parte central y occidental de Pozo del Inglés.

Una muestra selectiva de un sondeo en esta zona dió 128 g Au/t.

### 6.3 Depósitos en brechas.

Este tipo de mineralización consiste en clastos de roca alojados en brechas que han sido cementadas y parcialmente sustituido el color azulado por el grisáceo.

La roca madre original es normalmente gneis biotítico. Este tipo de mineralización no es muy común en el depósito y ha aparecido en la parte más occidental de Pozo del Inglés y puede llevar a grados de alto contenido en oro, como los obtenidos en un sondeo en dicha zona, 46 g Au/t en un metro de espesor y 38 g Au/t en otro intervalo de un metro de espesor.

## 7 Perforación.

### 7.1 Datos de partida.

RNGM perforó más de 19.000 metros en Corcoesto, de los cuales 16.795 metros fueron perforados con diamante, en diámetro HQ, y el resto fueron perforados con circulación inversa.

Las perforaciones mediante circulación inversa se realizaron en el programa de relleno de 2003, únicamente en las partes del proyecto donde se realizaron perforaciones paralelas a sondeos realizados con testigo, mediante circulación inversa con éxito durante el año 2002.

RNGM realizó las perforaciones de casi todo el proyecto, sobretodo en la parte sur, en la zona de Petón de Lobo, donde se hicieron perforaciones paralelas a las que realizó la empresa Riotinto, con azimut de 154° (S26E).

En las campañas de perforación de RNGM participaron tres compañías de perforación que usaron diámetros HQ o superiores, y las recuperaciones de las muestras en general fueron excelentes (>97%).

Gran parte de los trabajos de perforación de RNGM se realizaron a principios de 2003 como parte del programa de relleno.

Este programa implicó la perforación de casi 13.000 metros. Los resultados generales del programa de relleno confirmaron el tonelaje y grado esperado para el depósito, es más, el grado aurífero resultó inesperadamente más alto en algunas áreas.

Para el sistema de vetas de Cova Crea los resultados fueron bastante homogéneos y predecibles para la mineralización de la veta albergada en ortogneises de grano fino, que se localiza en la parte oriental del sistema de Cova Crea. La mineralización en Cova Crea es abierta, en profundidad tiende al oeste, donde el sondeo "COR200" intersectó 1,77 g Au/t a lo largo de 14.95 m, empezando la mineralización a cota 4.20 metros.

En Petón de Lobo, RNGM no acabó el programa previsto de relleno y la mineralización permaneció abierta al este, donde el sondeo "COR202" intersectó 1,34 g Au/t a lo largo de 30 m, empezando la mineralización a cota 37 m; 3,15 g Au/t a lo largo de 7 m, iniciando en 107 m; 2.45 g Au/t a lo largo de 18.3 m, iniciando en 120 m.

Hasta el mes de junio de 2006, KNB realizó 21 perforaciones con diamante que suman 4.378,30 metros con diámetro HQ.

En 2005, KNB enfocó sus trabajos de perforación en el área del Pozo del Inglés (8 perforaciones) para probar grados auríferos altos a mayor profundidad. Además, se realizaron cuatro perforaciones para investigar anomalías geoquímicas auríferas del suelo que no se perforaran antes y en las que KNB encontró vetas de cuarzo de alto grado (17.7 g Au/t -> 30g Au/t).

En 2006, KNB realizó 3 perforaciones hondas en el Pozo del Inglés, 2 perforaciones hondas en Petón de Lobo y 4 perforaciones poco hondas sobre anomalías de suelo en las áreas del norte.

Las perforaciones hondas de KNB en el Pozo del Inglés confirmaron la presencia de algunas menas de alto grado en más de 300 m de profundidad en la zona yacente mineralizada.

La sección perforada en el extremo occidental del Pozo del Inglés fue la 3460, donde la perforación "06K20" intersectó 10,26 g Au/t a lo largo de 2,50 m, empezando la mineralización a cota 222 m y 4,93 g Au/t a lo largo de 3,55 m, empezando la mineralización a cota 264,75 m, incluyendo 8,40 g Au/t a lo largo de 1,40 m.

La perforación "05K2", realizada 25 m al este del sondeo "06K20" intersectó 19,34 g Au/t a lo largo de 2,50 m, empezando la mineralización a cota 137 m.

La perforación honda de KNB que confirmó menas de alto grado para la zona PI-20 fue la "06K14", que intersectó 5,45 g Au/t a lo largo de 4,5 m, empezando la mineralización a cota 340 m, incluyendo 7,95 g Au/t a lo largo de 2,0 m.

KNB realizó un sondeo de poca profundidad con anterioridad ("05K5") en la misma mena, e intersectó 7,68 g Au/t a lo largo de 3,30 m, empezando la mineralización a cota 211 m, incluyendo 18,0 g Au/t a lo largo de 1,0 m.

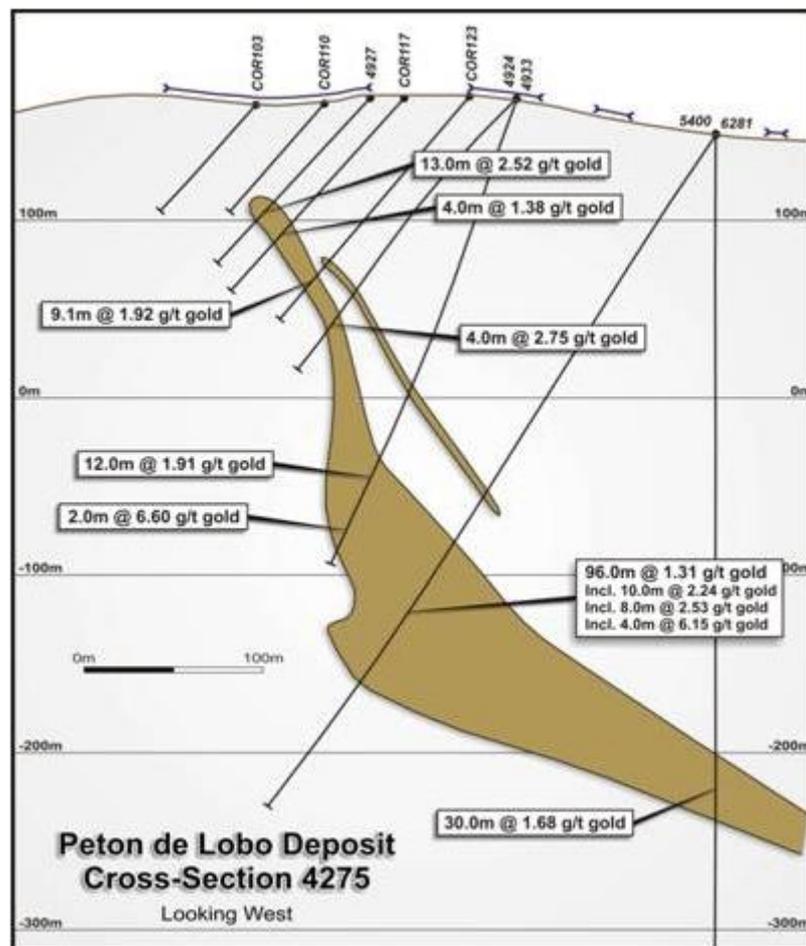


Figura 7.1.- Sección transversal de Petón de Lobo.

Más de 42.000 metros se han perforado en Corcoesto por cuatro empresas, que se resumen en la Tabla 7-1. La mayor parte de estas perforaciones han sido sondeos realizados a testigo, aunque también se han realizado algunos sondeos a circulación inversa. La perforación mediante circulación inversa se llevó a cabo durante el programa de sondeos de 2003, en aquellas partes que previamente habían sido sondeadas con éxito a testigo en 2002.

Tabla 7.1.- Metros perforados.

EMPRESA	TIPO DE PERFORACION	NUMERO DE SONDEOS	PROFUNDIDAD (m)
Kinbauri	Testigo	57	8.710
RNGM	Testigo	193	16.858
RNGM	Circulación inversa	31	2.284
Riotinto	Testigo	38	7.583
<b>TOTAL</b>		<b>319</b>	<b>35.435</b>

La mayoría de los sondeos fueron perforados hacia el sur durante la mayor parte del proyecto, como se muestra en Figura 7.2.

Debido a la buena calidad de las rocas de la zona, se suele recuperar el 100 % del testigo. En las zonas erosionadas se alcanza una recuperación por encima del 85 %.

El promedio para la totalidad de los sondeos efectuados se sitúa por encima del 97 %.

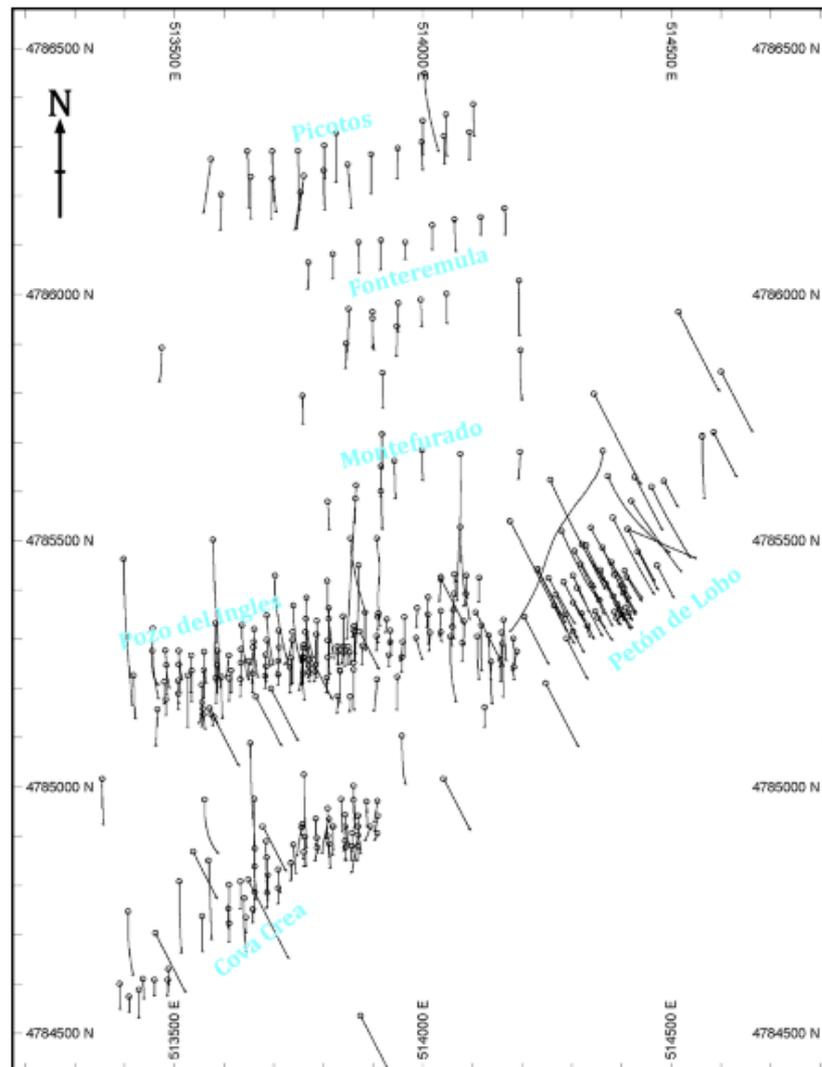


Figura 7.2.- Mapa Plan de Sondeos realizados en Corcoesto.

## 7.2 Método de perforación aplicado.

Todos los sondeos que se realizarán, serán mediante perforación con recuperación de testigo, debido a que es el método de perforación más útil de cara a la obtención de muestras para su análisis, inspección visual y ensayo, particularmente en depósitos masivos de leyes bajas donde la mineralización se distribuye a través de la roca matriz.

La perforación con coronas de diamante más lenta y costosa que la perforación a circulación inversa, consiguiéndose rendimientos de 25 a 30 m por relevo en buenas condiciones. En cuanto al coste, como regla general, puede decirse que el precio de un metro perforación con corona de diamante es el doble al de perforación con circulación inversa.

La perforación con corona de diamante permite realizar sofisticados estudios geológicos, e incluso se pueden obtener gran volumen de muestra para evaluaciones geoquímicas.

La perforación a rotación con recuperación de testigo se basa en que un elemento de corte de forma anular, con diamantes industriales incrustados colocado en el extremo de una sarta de perforación, "corta" la roca obteniendo un cilindro de roca que se aloja en el interior de la sarta, a medida que el elemento de corte avanza. El elemento de corte se denomina corona de diamante.

Los testigos son las muestras del macizo rocoso que nos van a permitir un análisis directo de los diferentes materiales que atraviesa, así como la presencia de mineralizaciones, para estudiar su potencial explotación.

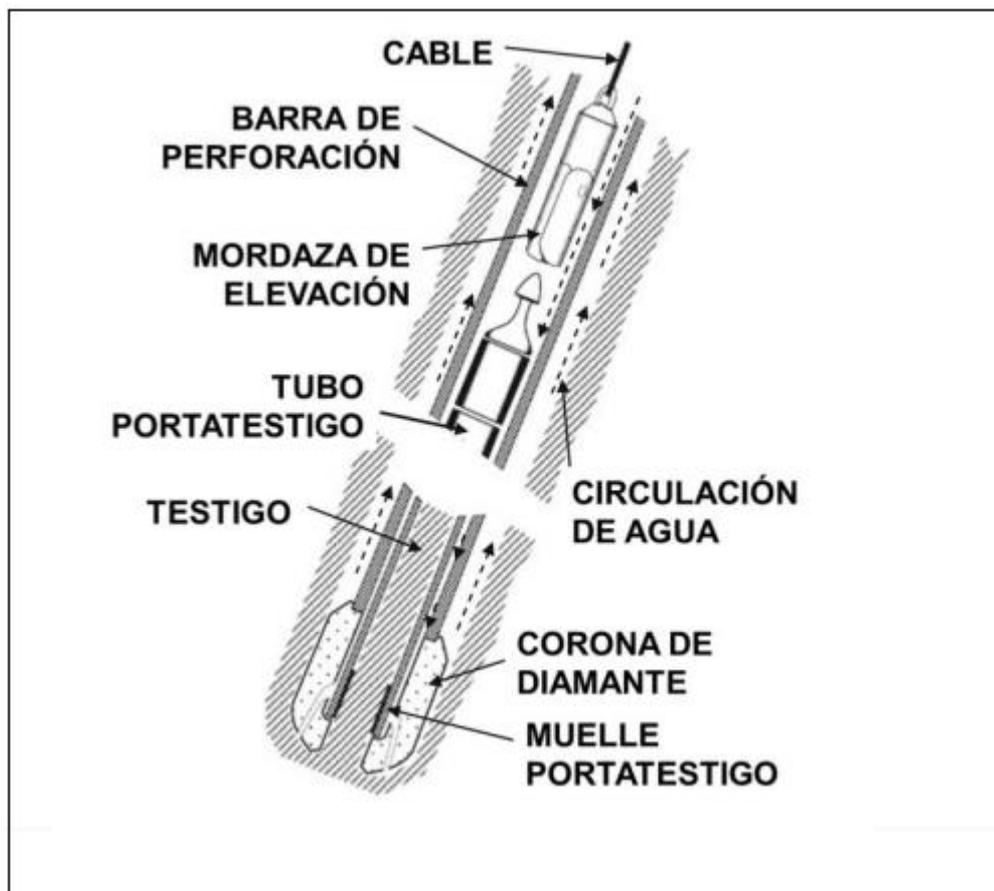


Figura 7.3.- Esquema de perforación con corona de diamante.

En la perforación con diamante el agua es el fluido de perforación más usual. El agua es bombeada por el interior de la sarta de perforación hasta alcanzar la corona de diamante, saliendo por el espacio anular entre la sarta de perforación y la roca.

En la superficie, el agua de retorno suele ser recogido en unas balsas donde se decanta el contenido de finos en suspensión procedentes del detritus de perforación.

Una vez decantada, el agua puede ser recirculada de nuevo.

Se empleará el sistema wireline que permite la extracción del testigo sin extraer todo el varillaje en cada maniobra.

El testigo recuperado se aloja en el denominado tubo interior (portatestigo), que permiten su desmontaje en el exterior para una mejor maniobrabilidad del mismo.

El testigo entra en el tubo interior (portatestigo), situado dentro del tubo de sarta de perforación inmediatamente detrás de la corona de perforación. Se evita que el testigo caiga de nuevo en el barreno por medio de un casquillo en forma de cuña montado en la base de la sarta, llamado muelle portatestigo.



Figura 7.4.- Testigo en tubo interior.

La longitud de las barras es normalmente de 3 metros, pudiendo llegar hasta 6 metros de longitud, dependiendo del tamaño del equipo de perforación.

Cuando la barra está completa con testigo en su interior, el tubo portatestigo se extrae de la sarta, por medio de una mordaza que se baja por el interior de la sarta hasta que “pesca” anclándose a un dispositivo con forma de arpón. Este es el denominado sistema wireline.

En esta posición la barra portatestigos queda liberada y una vez en el exterior el testigo puede extraerse fácilmente gracias a que esta barra suele poder desmontarse longitudinalmente, siendo especialmente útil en el caso de testigos altamente fracturados o alterados.



Figura 7.5.- Operación de extracción de testigo.

Una vez extraído el testigo se monta de nuevo y se desciende de nuevo hasta la corona de perforación.

El testigo puede ser orientado permitiendo la medida de las estructuras geológicas, reproduciendo la posición del testigo en el macizo rocoso.

Los tamaños de testigo estándar van desde 27 mm a 85 mm de diámetro. Los diámetros de testigo usados normalmente con el sistema wireline son: NQ (47,6 mm), HQ (63,5 mm) y PQ (85 mm).

Desde casi todos los puntos de vista, el mejor tamaño de testigo es el mayor posible. Mayores diámetros permiten mejor grado de recuperación y permiten menores desviaciones en la perforación. En testigos de mayor tamaño se facilitan los ensayos geoquímicos y los cálculos de estimación de reservas.

Sin embargo, el coste de la perforación con corona de diamante crece exponencialmente en relación al tamaño de testigo, por lo que hay que llegar a una solución de compromiso entre diámetro y coste.



Figura 7.6.- Coronas con diferentes diámetros de perforación.

### 7.3 Plan de sondeos.

Como ya es un proyecto del que se dispone mucha información (hay 35.435 metros perforados), se ha estimado que con otro plan de investigación, basado principalmente en la perforación mediante recuperación de testigo, con otros 30.000 metros perforados, tendríamos la suficiente y precisa información para conocer perfectamente los recursos minerales del yacimiento de Corcoesto.



Figura 7.7.- Máquina de sondeos.

Por tanto, se realizarán 160 sondeos, con una profundidad media de 187,50 metros por sondeo, que nos aportarán la información necesaria para la futura explotación.

## 8 Preparación de las muestras y análisis.

Aunque se piense que una campaña de sondeos se planifica por adelantado, cada sondeo proporciona información al conocimiento de la estructura geológica, de modo que este programa puede sufrir variaciones a medida que avanzan los trabajos de perforación.

Para poder tomar decisiones a este respecto se tiene que supervisar la campaña y recoger todas las muestras extraídas y almacenarlas adecuadamente.

### 8.1 Reconocimiento de los testigos.

Los testigos obtenidos mediante perforación con corona de diamante proporcionan información muy valiosa para una identificación geológica posterior.

El manejo de los testigos se debe realizar de manera sistemática y muy cuidadosa, para no proporcionar información confusa o errónea.

Hay que tener en cuenta que la cantidad de metros de testigo obtenido es tal que se necesita una infraestructura que permita su almacenamiento para poder localizar fácilmente cada sondeo realizado.

Para ello, toda la longitud de sondeo recuperado se coloca en las llamadas cajas de testigos, que serán aquellos elementos que permitan almacenar las muestras obtenidas de manera ordenada para su posterior reconocimiento y reconstrucción de la secuencia obtenida.



Figura 8.1.- Trabajo con testigos de roca y cajas portatestigo.

Con un primer vistazo sobre la caja de testigos de roca se pueden observar estructuras litológicas a gran escala, pero para observar formaciones más en detalle hay que extraer el testigo de la caja y rotarlo para incidirle luz en diferentes direcciones. Una vez identificada la litología, habrá que identificar la orientación de las estructuras encontradas para correlacionarla con la estructura del macizo rocoso.

Se suele estar familiarizado con la apariencia de la estructura de la roca de forma plana o relativamente plana, como aparecería en un afloramiento, en un mapa, o en referencias bibliográficas. Sin embargo, la misma estructura a veces puede resultar difícil de identificar o de interpretar correctamente cuando se presenta en forma cilíndrica en un testigo de un sondeo.

La traza de una estructura plana (como juntas o filones,) en la superficie de un testigo cilíndrico, aparece como una elipse. Cualquier elipse puede ser definida por la longitud de su eje mayor, su eje menor y el ángulo entre ambos.

De este modo, se puede referenciar estos datos con la orientación del sondeo, para conocer la posición real de la estructura reconocida.

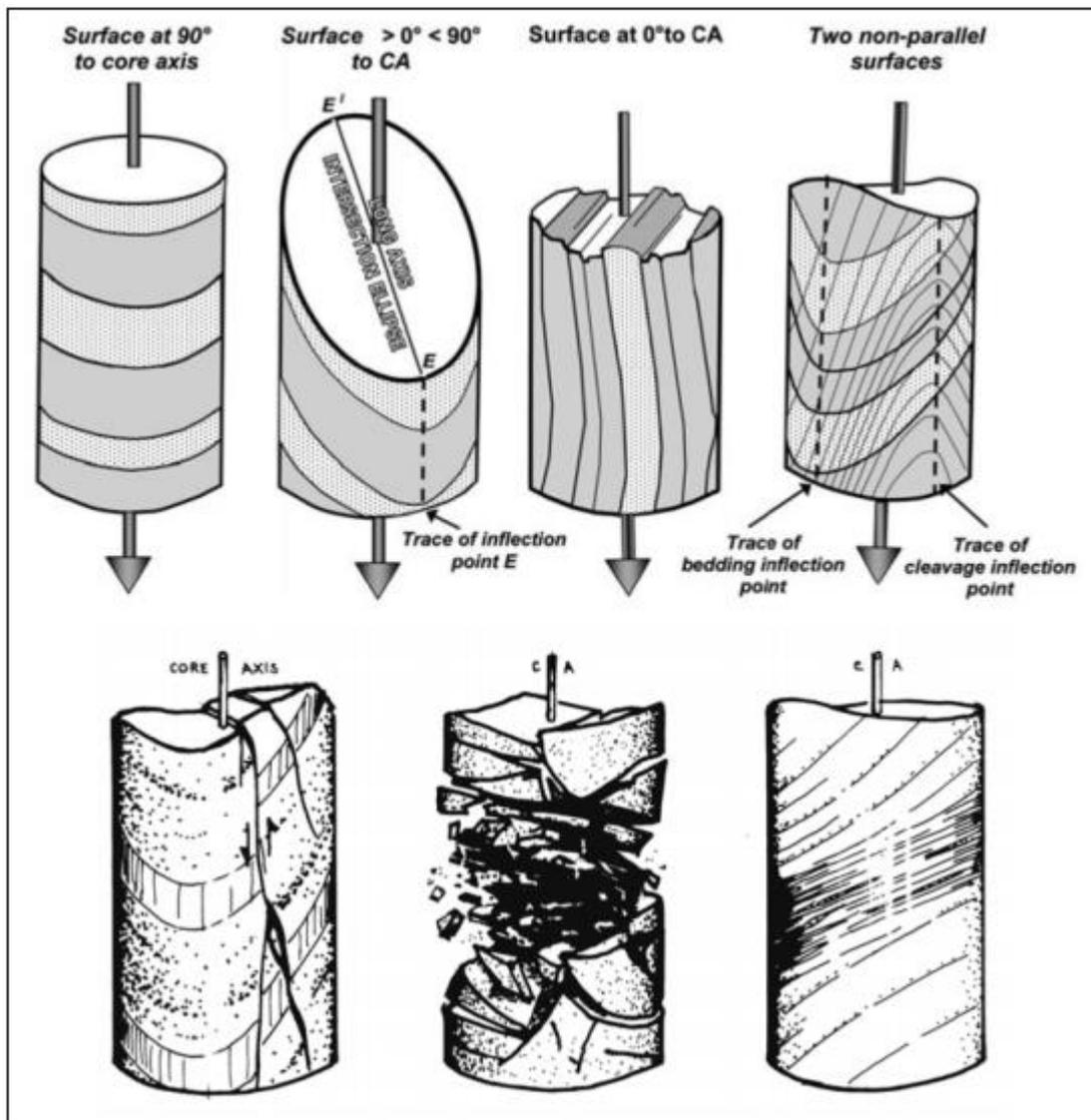


Figura 8.2.- Aspecto de estructuras planas y fallas en testigos de roca.

En los testigos también pueden reconocerse fallas. Cuando la falla intersecta una estructura previa en un gran ángulo, el desplazamiento puede observarse a simple vista. A veces, se ignoran las microfallas durante el registro de datos en el sondeo, pero a veces, puede ser un indicativo de fallas a mayor escala.

En ocasiones el testigo se presenta de aspecto frágil, o incluso hay zonas de poca o nula recuperación de testigo. Estas pueden ser debidas a zonas más frágiles del macizo rocoso, como presencia de intercalaciones de arcilla, o ser indicativo de zonas de fluencia de agua, o alteraciones anómalas en profundidad.

En pequeñas piezas de testigo es relativamente fácil ver pequeñas estructuras, o bien, espaciamientos de juntas pequeños, pero estructuras grandes, es decir, para formaciones geológicas mucho mayores que el diámetro del testigo, pueden ser difíciles de reconocer en el testigo.

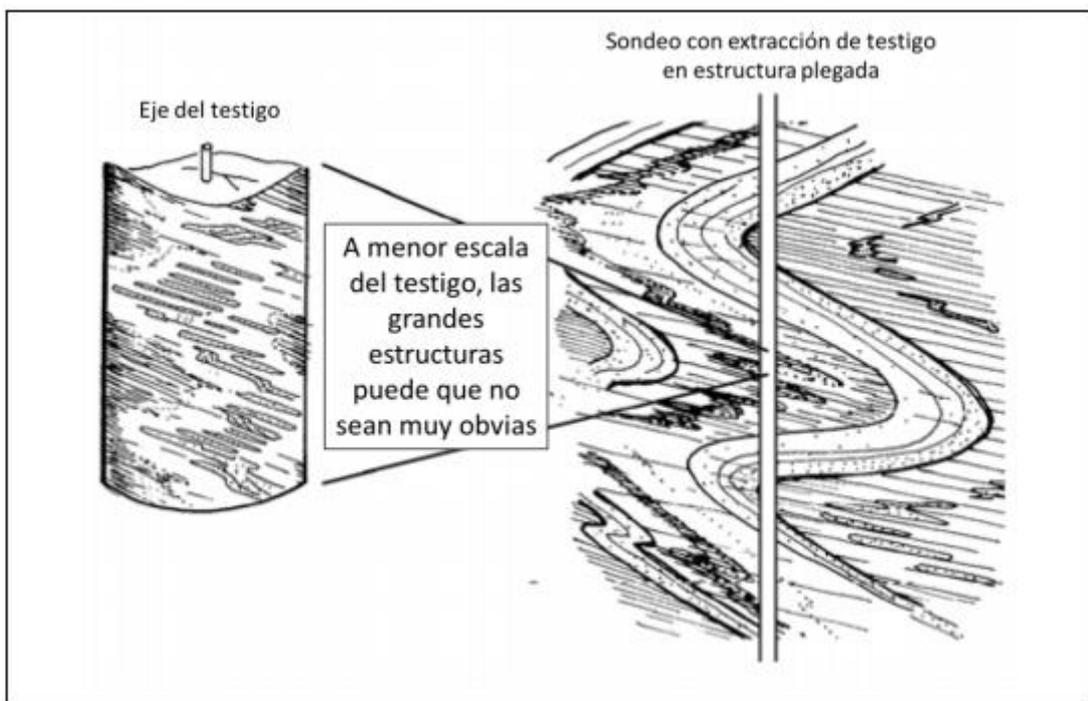


Figura 8.3.- Efecto de escala en los testigos de sondeos.

## 8.2 Muestreo y ensayo de testigos.

El análisis y ensayo de testigos durante las fases tempranas de la campaña de exploración tiene dos propósitos. El primero es proporcionar un índice de las potenciales leyes minerales presentes, en caso de que las haya. El segundo es conocer dónde están y de qué forma están distribuidas esas leyes en el depósito mineral. Este conocimiento es necesario para ubicar la perforación de nuevos sondeos.

En la primera fase de la campaña de exploración, los intervalos de la toma de muestras durante la perforación de un sondeo los determina la geología. Es decir, aunque se debe marcar y catalogar toda la longitud del testigo del sondeo, se tiene que prestar especial atención a los modelos establecidos por métodos previos, para detectar las estructuras presueltas en los modelos geológicos.

Estos intervalos de interés serán seleccionados en función de la geología y se deberán indicar sobre el propio testigo a medida que se obtienen las muestras. Los límites de la mineralización deberían corresponder con los que la geología indicaba previamente, pero se deberán reflejar los límites reales encontrados. Puede decirse que cada muestra debe responder a las incertidumbres que la geología encontraba.

Cuando por la calidad del material no puede recuperarse el testigo correspondiente a una longitud determinada, es importante reflejar este hecho, para una correcta interpretación posterior.

Cuando se vayan a realizar ensayos sobre los testigos de roca, es habitual que se realicen ensayos destructivos, por lo que, no se podrían realizar ensayos posteriores. Por ese motivo es habitual cortar mediante sierra circular el testigo por su eje longitudinal, por la mitad, o incluso en cuatro partes. La decisión de usar el testigo completo, medio testigo o un cuarto de testigo depende del contenido mineral, de modo que la muestra tomada sea representativa del contenido mineral del testigo completo. Por este motivo, en el caso de la prospección de oro, es mejor utilizar muestras cuanto más grandes mejor. Sin embargo, el ensayo de testigos completos debería considerarse siempre como último recurso, porque, como se ha dicho anteriormente, se imposibilita un reconocimiento posterior.

Los métodos para tomar muestras de testigos para su ensayo dependen del estado del testigo. Algunos de estos métodos son:

1. **Muestreo con navaja.** Esta técnica se emplea cuando se encuentran estructuras húmedas de arcilla. Este material es blando y solo se puede realizar su ensayo, cortando escamas con una navaja.
2. **Muestreo con cuchara.** Si el material está altamente fragmentado, el único método realístico es usar una cuchara o una espátula para recoger una sección representativa de la muestra para cada intervalo objeto de estudio. Se deberá repartir homogéneamente la muestra y dividir en mitades, ensayando una mitad y guardando el resto.
3. **Molienda del testigo.** Si la muestra no se considera interesante para ser cortada con sierra circular, se puede moler parte del testigo completo para ser ensayada por métodos geoquímicos a modo de comprobación.
4. **Fragmentación por cincel.** En rocas cristalinas relativamente homogéneas como rocas ígneas o rocas sedimentarias masivas pueden obtenerse muestras para ensayo con un cincel. Este método es útil en el caso de que se trabaje en lugares remotos, donde no haya disponible una sierra de disco.
5. **Corte con sierra de disco.** Este es el método estándar de trabajo y el preferido para tomar muestras de testigos. En este caso el testigo es cortado longitudinalmente con una sierra circular usando discos de diamante. Este método es relativamente lento y caro, es la única manera de obtener una muestra de testigo de manera precisa.

### 8.3 Labores de los técnicos competentes.

Toda campaña de exploración, deberá ser supervisada y controlada en todo momento por un técnico cualificado y con experiencia, de acuerdo a lo descrito en el pliego de condiciones correspondiente que debe acompañar a todo proyecto de ejecución.

La labor general del técnico competente, en esta clase de trabajos, consiste en:

- La dirección y supervisión del trabajo, en la que debe tomar las decisiones oportunas en cuanto a las incidencias surgidas durante la realización del mismo.
- Testificación. En la fase de ejecución de la perforación, el técnico competente debe llevar a cabo la testificación del sondeo mediante: la descripción del material que se esté extrayendo, bien sea proveniente de detritus o testigo; la toma de datos tales como la velocidad de la sonda en la perforación, descripción de incidencias, pérdidas de agua en el proceso, etc.; la selección de muestras que serán enviadas al laboratorio para su posterior análisis. Ha de destacarse que, en muchos de los casos, esta labor de testificación se realiza en el laboratorio, usando la información que toma la empresa contratista de sondeos, ante posibles incidencias.

Los trabajos de perforación y testificación se realizan para determinar in situ las condiciones del suelo o del macizo rocoso. Cualquier incidencia, pérdida de testigo o daños debidos al tipo de sarta, o cualquier otro equipamiento usado, o bien el uso de técnicas inadecuadas usadas en la campaña de exploración tiene que ser anotado.

Esos factores pueden tener un efecto notable sobre la cantidad y condición del testigo recuperado, particularmente en zonas de terreno de mala calidad, meteorizado, o intensamente fracturado.

Los registros geológicos requieren una descripción adecuada de los materiales atravesados, equipo de perforación, toma de muestras y condiciones geotécnicas, además de interpretaciones geológicas.

Los registros completos de los sondeos requieren una descripción adecuada de los depósitos minerales y de la roca encajante, un sumario detallado de los métodos y condiciones de perforación y unas características físicas de la roca, así como parámetros necesarios para asegurar la mejor interpretación geológica y el mejor análisis posible.

Se suele realizar un registro diario de las operaciones realizadas donde se registrarán todas las incidencias y detalles de cada sondeo. A continuación se indican los parámetros que pueden medirse para una correcta supervisión de la campaña de exploración en función de cada una de las operaciones realizadas.

**❖ Datos de la perforación:**

- Número de sondeo (código de identificación).
- Ubicación.
- Coordenadas.
- Altitud.
- Rumbo.
- Ángulo de perforación.
- Fecha de comienzo del sondeo.
- Fecha de finalización del sondeo.
- Datos de la empresa perforista, así como de los operarios.
- Datos de la máquina empleada.
- Sistema de perforación y condiciones de trabajo.
- Fluido de perforación: tipo de fluido, composición y aditivos empleados.
- Retorno del fluido: si recupera fluido o no.
- Presencia de cavidades: profundidad de la cueva e intervalo atravesado.
- Entubado.
- Tiempo de perforación. Se debe reflejar el tiempo que ha llevado la construcción del sondeo, que puede obtenerse desde los datos del contratista. Este dato es clave en la determinación de los costes de ejecución.

## **9 Procesamiento de datos.**

El procesamiento de datos se administrará mediante el programa ORE. Basado en el análisis, se ha demostrado que es el procedimiento más adecuado para la introducción y verificación de datos de los sondeos, ya que es el programa más fiable para estimar los recursos.

La localización de los sondeos continuará siendo supervisada por el mismo topógrafo que previamente ha completado el trabajo para RNGM y KNB. El topógrafo trabaja actualmente como un contratista independiente y utiliza una estación total. Cuenta con un completo control de todos los datos de los sondeos antiguos. Utilizará el GPS en zonas con buena cobertura. Estos datos nos los entregará por correo electrónico y serán subidos al programa ORE.

Los datos aportados por RNGM fueron almacenados en una herramienta topográfica, llamada FLEXIT. Estos datos fueron introducidos manualmente por el personal del proyecto.

Los datos obtenidos de los ensayos en los laboratorios, han sido guardados en hojas de cálculo Excel. Estas hojas contienen el número de muestras analizadas, los ensayos de oro, y el ensayo de arsénico.

## 10 Procesamiento de minerales y pruebas metalúrgicas.

### 10.1 Investigaciones metalúrgicas.

La recuperación de oro del 89,1 % se logró mediante el empleo de un proceso de recuperación, usando una combinación de la recuperación por gravedad, flotación por espuma, y la lixiviación con cianuro de los concentrados de flotación. Estas pruebas metalúrgicas y de ingeniería fueron cubiertas bajo la supervisión general de importantes metalúrgicos.

#### 10.1.1 Descripción de la muestra

El programa de pruebas metalúrgicas se desarrolló sobre la base de los resultados obtenidos de los estudios metalúrgicos anteriores, realizado en 1998 y 2002 por RNGM.

El personal de geología de RNGM en 2011 tomó 104 kg a granel de muestras representativas del depósito de Corcoesto.

La composición de la muestra en el ensayo dió 2,05 g Au/t.

Las áreas donde se recogieron estas muestras incluyen las zonas del Pozo del Inglés, Petón de Lobo, y Cova Crea. El compuesto de las muestras se hizo mediante la combinación de muestras a lo largo de todo el sondeo, y utilizando muestras de 8 sondeos.

### 10.2 Pruebas de trabajos de gravedad, flotación y cianuración.

La determinación del alcance de las pruebas de flotación se llevó a cabo para evaluar la recuperación del oro.

Una muestra fracturada fue dimensionada al 80 por ciento, obteniéndose un tamaño de malla de 75 micras y sometiéndola a flotación en cinco etapas. Una mezcla de reactivos de AERO 208 principalmente, potasio aerioxantato (PAX) eran añadidos en forma de vapor en cada etapa.

Las recuperaciones de oro resultantes variaban de 84 por ciento a 89 por ciento.

Los lixiviados del proceso de relavado en flotación se determinaron como poco económicos, debidos a la pequeña cantidad de oro recuperado y el aumento de costes asociado con la descontaminación del proceso.

Además, se realizó una prueba de recuperación por gravedad para determinar si algunos de los gruesos de oro y algún sintetizado mineralizado se podía recuperar. Una fracción de la muestra se molió al 80 por ciento, con varios pasos de malla, 75 micrómetros, 212 micrómetros y 850 micrómetros.

Se observó que se producía una razonable recuperación, el 5% de oro y el 16% de mineralizados.

La posterior cianuración de las colas de gravedad nos proporcionaba el 77% de la recuperación del oro restante, dando como resultado una recuperación global de oro de 80 %.

Se llevó a cabo una prueba final para evaluar el rendimiento global de un circuito de recuperación que consta de la gravedad, flotación, y cianuración del concentrado de flotación, dando como resultado una recuperación global del 89,1 %.

## 11 Estimación de recursos minerales.

El cálculo de recursos ha sido realizado por compañías homologadas, externas al proyecto. No obstante, en este trabajo se ha contado con la colaboración estrecha de los geólogos de la compañía minera, que conocen profundamente el yacimiento, para su correcta interpretación. Se han realizado varias estimaciones, la mejor de todas y más actual se ha llevado a cabo en 2013, por la compañía americana Micon International, que cuenta con prestigio internacional y está homologada por la Bolsa de Toronto para el cálculo de recursos.

En cualquier caso, las estimaciones obtenidas coinciden en que los recursos de oro susceptibles de ser extraídos superan el millón de onzas, es decir, algo más de 30 toneladas de oro, y en que la cantidad de oro contenida en cada tonelada de roca mineralizada es de 1,5 gramos, aproximadamente.

Tabla 11.1.- Estimación de recursos minerales.

<b>Recursos de oro para el cielo abierto. (Ley de corte de 0,5 y 0,8 g/t Au).</b>				
<b>CATEGORÍA DEL RECURSO</b>	<b>LEY DE CORTE (g/t Au)</b>	<b>TONELADAS</b>	<b>LEY DE AU (g/t)</b>	<b>ONZAS DE ORO</b>
Medidos	0,5	14.910.000	1,34	704.753
Indicados	0,5	9.298.000	1,28	419.811
Medidos + Indicados	0,5	24.208.000	1,32	1.127.165
Inferidos	0,5	5.321.000	1,21	227.108
<b>Recursos de oro para el cielo abierto. (Ley de corte de 0,8 g/t Au).</b>				
Medidos	0,8	10.170.000	1,67	599.090
Indicados	0,8	6.065.000	1,63	348.717
Medidos + Indicados	0,8	16.235.000	1,65	947.821
Inferidos	0,8	3.733.000	1,44	189.616

1. Se siguieron modelos de definición del código JORC (2012) para la estimación de recursos.
2. Los modelos de recursos se estimaron mediante el método inverso de la distancia elevado a una potencia (IDP) dentro de un modelo de bloques tridimensional con zonas mineralizadas delimitadas por envolventes sólidos.
3. Para la estimación del recurso se utilizaron un total de 19.075 m. de trincheras superficiales, en 225 trincheras, 443,1 m. de muestreo de galerías en 4 galerías y 35.435 m. de sondeos de testigo y de circulación inversa (RC) en 319 sondeos, con espaciado de muestra menor de 30 m. Para los recursos medidos, menor de 40 m. Para los recursos indicados es menor de 195 m. Para los recursos inferidos, menos de 200 m.
4. Se utilizó una ley de corte de base de 0,5 g/t Au para los recursos por encima de una profundidad de 200 metros desde la superficie y una ley de corte de 2.0 g/t Au para los recursos por debajo de 200 metros desde la superficie.
5. Los recursos minerales que no son reservas minerales no tienen viabilidad económica.

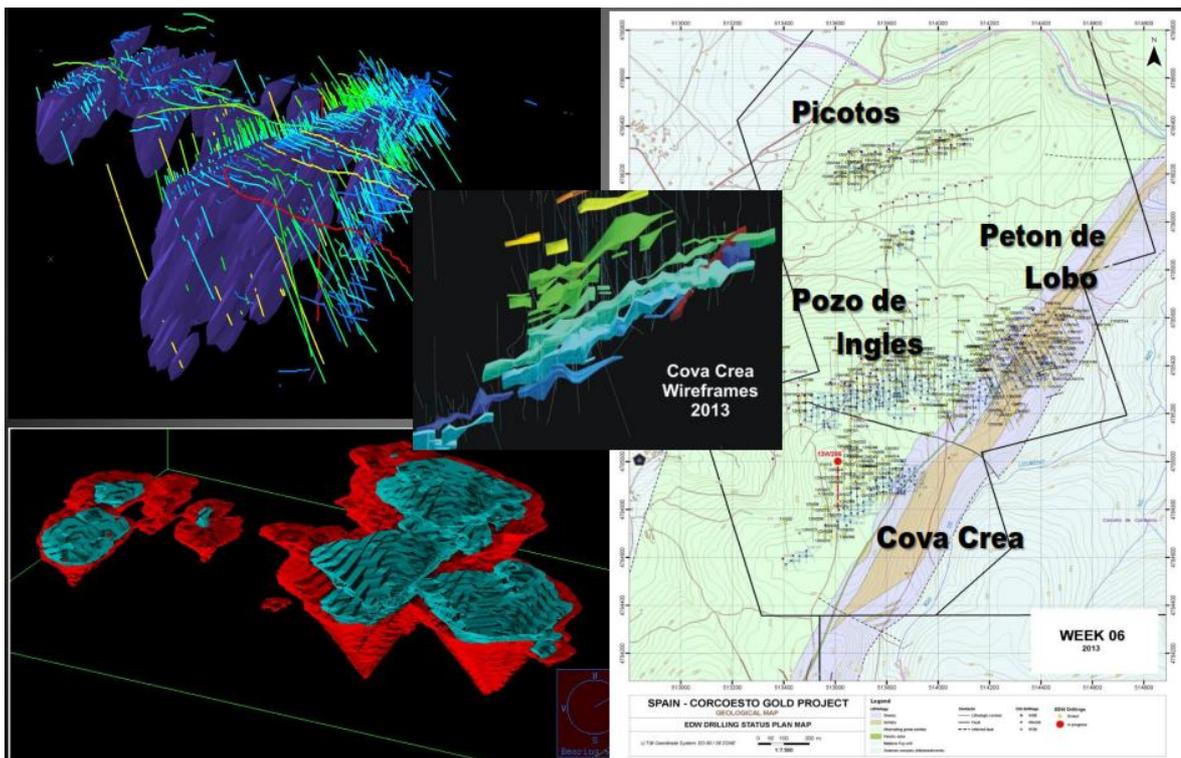


Figura 11.1.- Modelo de recursos.

## 12 Métodos de explotación minera.

### 12.1 Introducción.

El proyecto, en una primera fase, plantea la explotación por minería a cielo abierto para la producción de oro.

La recuperación de este mineral se realizará en la planta de tratamiento, anexa a la explotación. En esta primera fase se espera obtener más de un millón de onzas.

La explotación se lleva a cabo mediante el sistema de minería de transferencia, lo que permitirá realizar trabajos de restauración desde el inicio, ya que contempla rellenar progresivamente los huecos mineros, reducir las escombreras y acometer la revegetación parcial del terreno.

La Primera Fase se realiza durante un período de 11 años, que incluye la construcción (18 meses), la extracción (8 años) y la restauración final (2 años).

Existe, sin embargo, la posibilidad de acometer una Segunda Fase, en la que se explotaría, mediante minería subterránea, las partes más profundas del yacimiento, las cuales presentan un mineral de ley más alta. Esta posibilidad extendería el período de vida de la mina de Corcoesto hasta los 20 años o incluso más.

### 12.2 Secuencia general de la explotación y cortas mineras.

El desarrollo se realiza mediante dos cortas: Corta Norte, donde se sitúa el hueco minero de Picotos Fonterrémula (superficie: 27,7 ha), y la Corta Sur, donde se ubican los huecos de Cova Crea, Pozo del Inglés y Petón de Lobo (76 ha.).



Figura 12.1.- Ubicación de las cortas mineras.

La explotación es por banqueo en sentido descendente y con avance del frente general en sentido Norte a Sur.

En los huecos de explotación, o cortas mineras, el desarrollo del estéril avanza respecto al frente en mineral para permitir un ratio uniforme durante la vida de la explotación. Inicialmente, se desarrollan los bancos superiores mediante una explotación en ladera. A medida que avanza la explotación en profundidad se crea una pista, que sirve como rampa general de transporte y permite el acceso a los distintos bancos de explotación.

Una vez finalizado el proceso de minería de transferencia que rellena las cortas de Cova Crea, Pozo del Inglés y Picotos, así como la escombrera Este, situada como contrafuerte del dique del depósito de estériles de flotación, la superficie restaurada sobre escombreras es de 159.7 ha. La superficie restaurada como laguna correspondiendo con Petón de Lobo ocupa unas 18 hectáreas.

### 12.3 Operación de Mina.

La operación de mina incluye las siguientes fases: desbroce, retirada de tierra vegetal y movimiento de tierras.

1. **Desbroce y retirada de tierra vegetal.** La primera actividad a realizar es el desbroce, que consiste en la retirada de la vegetación existente y posterior traslado de la misma a la zona designada.

Una vez finalizado el desbroce, se procede a la retirada y acopio de la tierra vegetal, con el fin de utilizarla, posteriormente, en las labores de restauración de escombreras y revegetación de taludes.

2. **Movimiento de tierras. Estéril.** Tras la retirada de la capa de desbroce y tierra vegetal, se realiza la operación de movimiento de tierras. Ésta se lleva a cabo por medios mecánicos, con perforación y voladura.

Una vez delimitadas las zonas de estériles, se procede a su carga y transporte a las escombreras o zonas de relleno.

3. **Movimiento de tierras. Mineral.** Tras la definición y delimitación de los cuerpos mineralizados por Control de Leyes, se procederá a su voladura, y posterior carga y transporte, hasta las zonas de acopio, situadas en las proximidades de la planta de tratamiento.

### 12.4 Escombreras.

El proyecto contempla la creación de dos escombreras donde se depositará el material procedente de la excavación (estéril de mina): una al norte y otra al sur de la zona de explotación. Esta última cumple además una importante función, ya que se ha emplazado de manera que sirva como refuerzo al dique del Depósito de Estériles de Flotación.

El estéril de mina, en los primeros años de vida de la explotación, servirá para la construcción de los diques de la balsa minera.

A medida que los huecos en explotación van alcanzando la situación final, comienzan a rellenarse con los estériles procedentes de la extracción. De este modo, se crean superficies acordes con el entorno. En situación final, el relleno de los huecos y de la escombrera da lugar a dos colinas integradas en el paisaje.

## 12.5 Galería de exploración.

Se han detectado reservas suficientes para plantear una investigación exhaustiva del yacimiento en profundidad, lo que permitiría, en una segunda fase, desarrollar una explotación subterránea que ampliaría la vida del proyecto, al menos, hasta 20 años de operación.

Se ha previsto la construcción de una galería minera que permita seguir investigando el yacimiento. Dicha galería tendría una longitud aproximada de 3.000 m, una sección de 25,56 m<sup>2</sup> y una pendiente media del 10%. La ejecución de la galería subterránea se iniciaría hacia el tercer año de explotación. De este modo, la explotación subterránea podría coincidir con los últimos años de vida de la explotación a cielo abierto, manteniendo el nivel de actividad.

## 13 Tratamiento del mineral. Métodos de recuperación.

### 13.1 Introducción.

La planta mineralúrgica de Corcoesto, donde se procesa el mineral de oro, empleará una tecnología moderna y contrastada, ampliamente utilizada en las operaciones mineras más avanzadas del mundo.

Será un tratamiento mayoritariamente mecánico, ya que más del 90% del mineral que entrará en la planta se procesará mediante trituración, molienda y flotación; únicamente el 10% restante se tratará mediante un proceso químico (lixiviación con cianuro).

Tanto la lixiviación con cianuro, como los métodos de destoxificación-neutralización y de elución empleados, son muy fiables, no sólo desde el punto de vista de la recuperación del metal, sino también del medioambiental y de la salud. Todos ellos constituyen las mejores tecnologías disponibles.

El procedimiento utilizado en la planta se resume en los siguientes pasos:

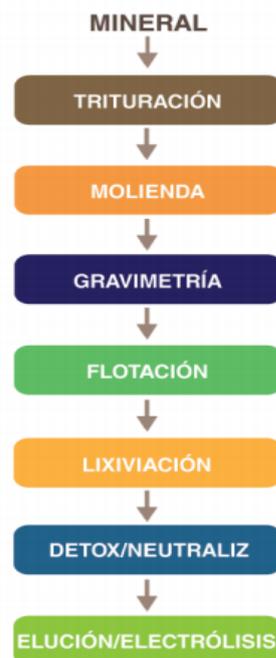


Figura 13.1.- Tratamiento del mineral.

### 13.2 Trituración.

El oro se encuentra dentro de filones de cuarzo, en forma microscópica, junto a otros minerales. Por esto, el primer paso es triturar la roca hasta reducirla a un tamaño de 150 mm, apto para la fase de molienda. El polvo generado en esta operación se controla mediante un sistema electrostático para las zonas cubiertas y otro de aspersión de agua (“niebla seca”) para las zonas abiertas.

### 13.3 Molienda y gravimetría.

En la sección de molienda se completa el proceso de reducción de tamaño iniciado con la trituración para liberar el metal de la ganga. El objetivo de la molienda es conseguir que el 80% de las partículas lleguen a un diámetro inferior a 55 micras.

La molienda se realiza en dos etapas sucesivas, mediante dos molinos de distinto tipo:

- Un molino semiautógeno (SAG), que reduce el tamaño del mineral hasta, aproximadamente, 1-10 mm.
- Un molino de bolas, que consigue tamaños en el rango de las decenas de micras.

A continuación, un circuito de hidrociclones clasifica el mineral por tamaños: por un lado, las partículas de mineral con el tamaño adecuado para ser enviado a la siguiente etapa, la flotación, y, por otro, las partículas sin clasificar, que continúan en la etapa de molienda hasta reducirse al tamaño requerido. A partir de la molienda, el mineral forma una pulpa constituida por agua y las partículas resultantes de este proceso.

Una parte del mineral es concentrable por procesos gravimétricos (basados en la separación de minerales por efecto de la gravedad), por lo que la planta contará con equipos adecuados que concentrarán, mediante este procedimiento y tras su paso por los hidrociclones, todo el mineral de oro que sea posible, para enviarlo después a la etapa de lixiviación.

### 13.4 Flotación y remolienda.

En la fase de flotación, que se realiza en celdas, sirve para concentrar el oro en el 10% de la pulpa, liberando de mineral el 90% restante.

Se consigue mediante la agitación e inyección de aire para formar unas burbujas que, gracias a la adición de un reactivo, recogen en su superficie todas las partículas de oro; las burbujas ascienden y cuando sobrenadan son extraídas de la pulpa mediante unas raquetas de arrastre, dando lugar a un concentrado preparado para iniciar la siguiente fase: la lixiviación.

El 90% de la pulpa, ya libre de oro y sin haber recibido ningún tratamiento químico, se envía a la balsa de estériles de flotación. Los sulfuros presentes, principalmente arsenopirita, también son flotados durante esta etapa, pasando en su mayoría a la fase de lixiviación.

Antes de la etapa de lixiviación, los concentrados de flotación y de gravimetría deben ser “remolidos”. El objetivo es alcanzar un tamaño aproximado de 15 micras, que favorezca la lixiviación posterior.

### 13.5 Lixiviación de concentrados.

Las etapas previas de gravimetría y flotación permiten obtener un concentrado de oro con leyes en torno a los 30 g/t, por lo que aún requiere de un proceso de lixiviación (disolución selectiva del oro).

Para la lixiviación se utiliza un disolvente líquido que consiste en una solución de agua con una concentración de cianuro del 0,03% (300 ppm de CN). Dado que el mineral llega desde la molienda en una suspensión en agua (pulpa), sólo se requiere la adición de tres elementos:

- Cianuro como agente lixivante.
- Un modificador de pH (cal) para mantenerlo en un entorno de 10,5 durante esta fase de lixiviación.
- Aire, que aporte el oxígeno necesario para la oxidación del oro y que se pueda disolver como dicianoaurato.

El consumo diario de cianuro previsto en la planta de tratamiento de Corcoesto es de 1,86 tm/día, siendo el total anual de 673 tm.

Posteriormente a la disolución, se requiere la separación del oro disuelto del resto de la pulpa. Para ello se utiliza la tecnología de adsorción por carbón activo (CIP), mediante la cual, el oro disuelto se adsorbe sobre los granos de carbón, que están presentes en tanques con agitación para favorecer el contacto oro-carbón. Este carbón cargado en oro se separa después por cribado. Posteriormente, se extrae el oro del carbón.

Los tanques de lixiviación se encuentran dentro de fosos impermeabilizados con capacidad para contener el volumen del mayor tanque, lo que impide cualquier filtración externa en caso de vertido de los tanques. Además, en estas etapas de lixiviación y adsorción por carbón, existe una balsa de emergencia con capacidad para contener el volumen de todos los tanques, en el caso de que hiciera falta vaciarlos.

Los estériles lixiviados, ya sin cianuro, se envían al depósito de estériles de lixiviación. Previamente, los restos de cianuro contenido en esta pulpa son destruidos mediante un proceso de destoxificación denominado método INCO.

### 13.6 Manejo del Carbón: Elución, Electrodeposición, Fusión.

Una vez recogido (adsorbido) el oro sobre el carbón activo es necesario recuperarlo del mismo.

Esta sección de la planta incluye las tres etapas necesarias para obtener el lingote del metal en bruto: elución (desorción o redisolución del oro que se había adsorbido en el carbón), electrodeposición (precipitación del oro disuelto mediante su reducción en el cátodo por corriente eléctrica) y fusión (obtención de lingote a partir de los lodos catódicos).

- La elución del oro es una técnica de extracción utilizada para recuperar el oro adsorbido sobre carbón. Para ello, el carbón se traslada hacia un tanque con forma de columna donde se hará esa desorción.
- Electrodeposición: los metales preciosos eluidos del carbón se precipitan con corriente eléctrica.
- Fusión: Tras la electrodeposición se filtra y seca el metal obtenido, como paso previo a la fusión, a unos 1200°C.

### 13.7 Los Depósitos de Estériles.

El tratamiento del mineral de oro genera unos residuos cuya adecuada gestión ambiental marca su almacenamiento definitivo en un depósito de estériles. Ese carácter definitivo explica la estricta normativa legal al respecto, que establece que el proyecto cumpla con estrictos criterios técnicos, que incluyen aspectos ambientales, geotécnicos, hidrológicos, sísmicos, etc. El objetivo es ejecutar unas instalaciones seguras para el entorno.

En resumen, la gestión de los estériles generados por la planta de tratamiento de Corcoesto requiere de dos depósitos mineros separados:

- Depósito para estériles de flotación.
- Depósito para estériles de lixiviación.

El depósito para estériles de flotación es el que ocupa mayor superficie, ya que debe albergar más del 90% del estéril generado por la planta. En él se depositan estériles no tóxicos y no peligrosos. La capacidad máxima de este depósito es de 11.031.580 m<sup>3</sup>. El dique de cierre de este depósito crece a lo largo de la vida de la mina para asegurar la capacidad de almacenamiento mínima necesaria para albergar los estériles generados.

El depósito para estériles de lixiviación (menos del 10% del mineral), almacenará estériles no tóxicos y no peligrosos. La capacidad estimada de este depósito es de 383.115 m<sup>3</sup>.

Ambos depósitos forman, conjuntamente con la planta de tratamiento, un circuito cerrado. De este modo, por un lado, la planta bombea los estériles hasta el depósito; por otro, en el depósito, el agua, que se recupera por decantación de los estériles, se recircula hasta la planta para ser reutilizada.

Este sistema, por el que no se produce ningún vertido al entorno (vertido cero), recupera el agua que no queda retenida como humedad. La planta de tratamiento recicla el agua del proceso, así no es necesario aportar agua externa, salvo para compensar pérdidas por evaporación, lo que se consigue aprovechando las aguas de mina.

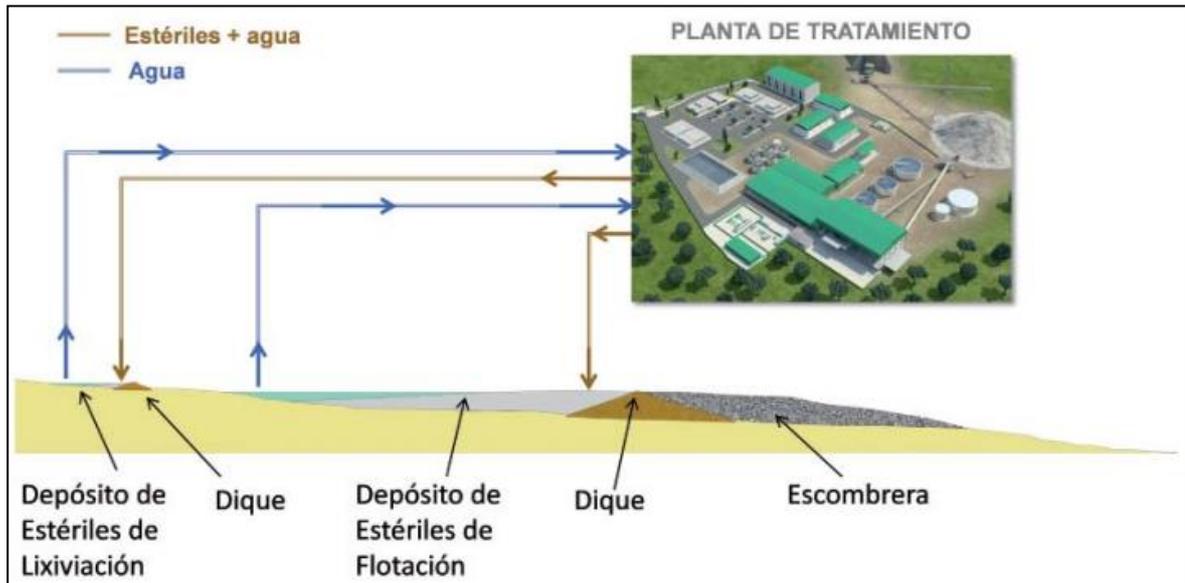


Figura 13.2.- Esquema del circuito cerrado del agua del proceso.

## 14 Infraestructura del proyecto.

Actualmente en el proyecto, la única instalación de la que se dispone, es el almacén para el control y almacenamiento de las muestras de los sondeos.

El proyecto contará con las siguientes instalaciones:

- Planta mineralúrgica. La cual se acondicionará para los diferentes tratamientos a realizarle al mineral. Estará equipada de una trituradora, dos molinos; uno semiautógeno y otro molino de bolas, un circuito de hidrociclones para clasificar el mineral por tamaños, un equipo gravimétrico, celdas de flotación, tanques de lixiviación dentro de fosos impermeabilizados, un tanque para la elución del carbón, etc.



Figura 14.1.- Diseño de la planta mineralúrgica.

Instalaciones del proyecto.

- Dos depósitos de estériles para la flotación y la lixiviación, cada uno contenido con su respectivo dique.
- Oficinas y despachos. Debido a las dimensiones del proyecto deberán ser lo suficientemente grandes y estar equipadas con las últimas tecnologías.
- Talleres para la reparación de la maquinaria.
- Parque motor donde aparcar la maquinaria empleada para la extracción del mineral.
- Aparcamientos para la gente que acceda a las oficinas y puestos de trabajo de la explotación.
- Garita de control de acceso.
- Bascula para pesaje de los camiones.
- Vestuarios para los trabajadores.
- Helipuerto, por si hay algún accidente grave.

## 15 Estudio de mercado.

### 15.1 Evolución histórica del precio del oro.

#### 15.1.1 En los últimos 20 años.

Como se puede comprobar en la gráfica, a partir de 2006 el precio del oro se dispara, se empieza a producir una gran demanda de oro, que alcanza los valores máximos el 25 de Julio de 2011, alcanzándose el precio de 1837,68 USD/onza. A partir de 2012, con la crisis económica, el precio del oro disminuyó considerablemente.

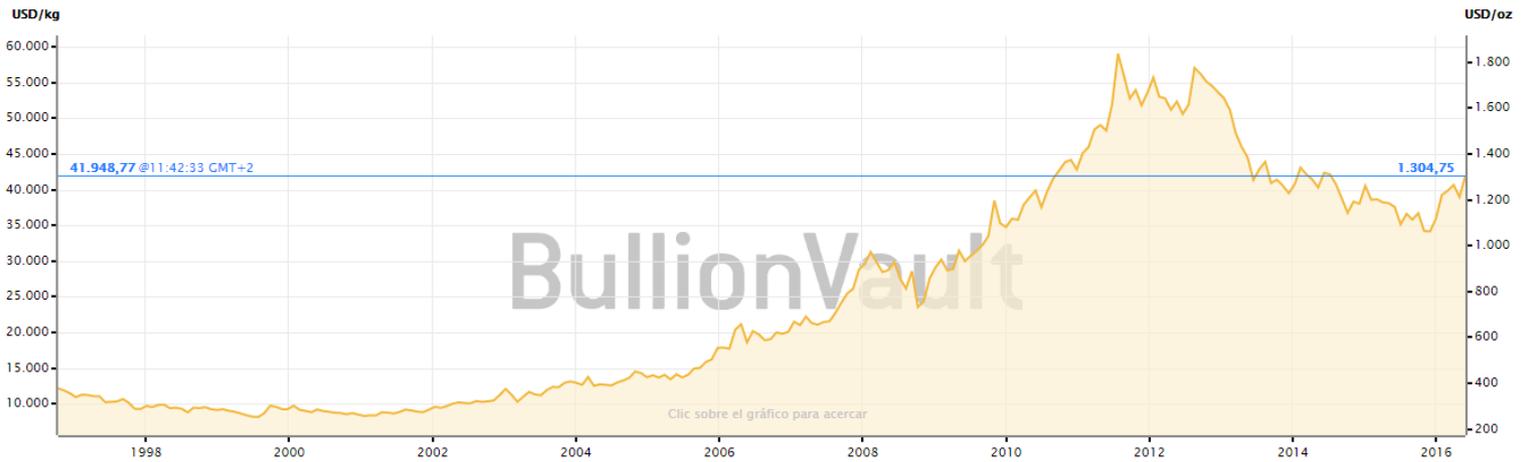


Figura 15.1.- Grafica de la evolución del precio del oro en los últimos 20 años.

#### 15.1.2 En el último año.

Durante el último año el precio del oro se ha mantenido más o menos contante, entre 1100 y 1200 USD/onza hasta febrero de 2016, que el precio vuelve a aumentarse considerablemente, llegando a alcanzar el valor máximo el 16 de Junio de 2016, superando los 1300 USD/onza, valor que no se alcanzaba desde 2014.

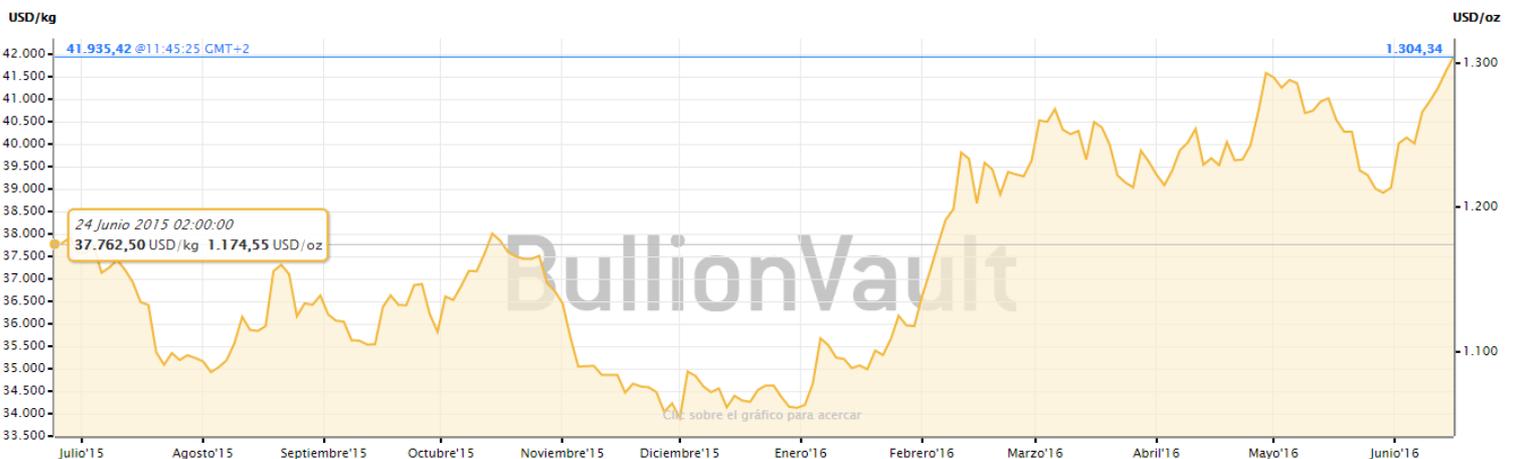


Figura 15.2.- Grafica de la evolución del precio del oro en el último año.

## 15.2 Estudio del mercado actual.

Actualmente la demanda de oro está en un gran momento y hay grandes previsiones para un futuro a corto y medio plazo.

Los bancos centrales de los países “emergentes” han apostado por llenar sus bóvedas de seguridad con oro para sus reservas de divisas.

Según el Fondo Monetario Internacional (FMI) China y Rusia están liderando la demanda de oro para sus reservas, acaparando con el 85% de las compras realizadas por los bancos centrales en los dos últimos años.

Según el World Gold Council (WGC; el Consejo Mundial del Oro), las reservas de oro de Rusia han aumentado en 45,8 toneladas en el primer trimestre de 2016.

El Banco Central de China ha comprado de enero a marzo 2016, 35,1 toneladas para sus reservas de oro. En la segunda mitad de 2015 China compró 103,9 toneladas de oro.

En los últimos 15 meses las reservas de oro chinas han alcanzado las 1.700 toneladas y las reservas de oro rusas las 1.460 toneladas.

El banco chino ICBC está entrando con mucha fuerza en el mercado del oro de Londres. En los últimos 12 meses han adquirido la cámara de almacenamiento segura para metales preciosos de Barclays con una capacidad de 2.000 toneladas de oro. También el mes pasado se convirtió en un miembro creador de mercado de la London Bullion Market Association (LBMA) y en enero 2016 el ICBC Standard Bank compró el contrato de alquiler de la bóveda de seguridad para el almacenamiento de oro y plata físicos del Deutsche Bank, también en Londres. Además es, junto a otros dos grandes bancos chinos (Bank of China y China Construction Bank), miembro del sistema de fijación del precio del oro de Londres, conocido como LBMA Gold Price.

El último paso para participar en toda la cadena de valor del mercado del oro de Londres para ICBC fue su inclusión en el sistema London Precious Metals Clearing Ltd (LPMCL) como primer miembro admitido desde 2005 y el único de los seis que lo componen que no es un banco americano o europeo.

Los chinos juegan a largo plazo y sus estrategias del mercado del oro forma parte de una estrategia general de cambiar la estructura del Sistema Monetario Internacional. Cuando China permita la exportación de oro (recordemos que ahora mismo sólo permite importar y no exportar) los bancos chinos podrían tener mucho peso en el mercado del oro internacional.

## 16 Rehabilitación de la mina de Corcoesto.

### 16.1 La rehabilitación de los espacios mineros.

Cualquier proyecto industrial conlleva un impacto ambiental que, gestionado adecuadamente, puede ser mitigado y perfectamente controlado.

En el caso de un proyecto minero, además, la rehabilitación del espacio ocupado, es un aspecto esencial de la gestión ambiental del proyecto. La legislación europea es la más exigente del mundo en materia ambiental y establece unos sistemas de control de obligado cumplimiento que resultan en altos estándares de prácticas de la industria, durante toda la vida de la explotación y de cara al cierre, garantizando la restauración ambiental.

El conjunto de normativas europeas, españolas y gallegas, exigen también el establecimiento de seguros y avales ambientales, que cubran ampliamente el desarrollo de la actividad y la posterior rehabilitación del espacio minero. En concreto, la Ley 3/2008, de Ordenación de Minería de Galicia, exige que, antes de comenzar la operación minera, se constituyan avales que garanticen la viabilidad financiera, la restauración del espacio afectado por la actividad minera y la restauración de las instalaciones mineras.

Ningún proyecto minero puede recibir el permiso final de explotación sin haber establecido previamente estos avales, cuya cuantía fija la administración minera.

Además, gracias a la constitución de estas garantías, en la actualidad resulta imposible que un espacio minero quede abandonado, sin rehabilitación, pues la administración retiene de esta manera los recursos económicos necesarios para encargar a un tercero, si llegara a ser necesario, el cumplimiento de la restauración.

Además de estos avales, tanto la Ley de Minas de Galicia como la legislación estatal obligan a constituir seguros que garanticen la reparación de los eventuales daños que se puedan causar a las personas, los animales, los bienes o el medio ambiente.



Figura 16.1.- Proceso de sellado de balsas.

## 16.2 El plan de rehabilitación ambiental de Corcoesto.

Se ha diseñado buscando minimizar el impacto ambiental durante la explotación, y, también, con vistas a lograr una rehabilitación óptima del espacio minero, una vez haya cesado la actividad.

Por este motivo, desde el inicio se realizarán labores conducentes a la restauración, como, por ejemplo, la retirada, disposición y mantenimiento adecuados de la tierra vegetal que se utilizará para revegetar el espacio. De este modo, la restauración ambiental se integra dentro de las labores mineras desde el inicio, fase de diseño del proyecto, hasta la fase de clausura, pasando por las etapas de puesta en marcha y explotación.

El sistema de minería de transferencia que se desarrollará en Corcoesto facilita esta progresiva restauración: permite rellenar los huecos mineros cuando dejen de ser útiles, y reducir el tamaño de las escombreras, que se restaurarán durante la vida de la mina. El relleno de los huecos y la restauración de las escombreras da lugar a dos colinas integradas en el paisaje.

La superficie minera se irá restaurando siempre que sea posible, es decir, cuando la superficie o instalación se encuentre en una situación final que permita su restauración, y no sea necesaria para la operatividad de la explotación. Una vez finalizada la explotación, será posible acometer en su totalidad la restauración del espacio afectado.



Figura 16.2.- Recreación de la restauración de mina en Corcoesto.

El Plan de Rehabilitación de la mina establece diferentes actuaciones conducentes a la rehabilitación final del espacio, y, más concretamente:

- Recuperación de las escombreras, que se remodelarán y revegetarán, integrándose en el paisaje. La restauración de las escombreras será progresiva: la escombrera norte se restaurará en la fase 4 de la explotación (cuarto a quinto año de la explotación) y la escombrera sur será rehabilitada a lo largo de las fases 1 y 2 (primer a tercer año de la explotación) y al final de la explotación.
- Relleno de los huecos mineros con el estéril procedente de la extracción, y revegetación. También será una restauración progresiva. El hueco minero más pequeño (Petón de Lobo) no se rellena completamente, sino que se acondiciona para que pueda funcionar como un lago. El lago, una vez restaurado, crea una zona húmeda que funciona como elemento enriquecedor del ecosistema y suministrador de agua para la fauna, que paulatinamente se irá asentando de forma natural.
- Restauración y acondicionamiento de los depósitos de estériles. Ambos depósitos se tratan adecuadamente, para garantizar su seguridad y estanqueidad, siendo revegetadas con especies idóneas para el medio. El depósito que recoge los estériles de lixiviación será además encapsulado y sellado de manera que se imposibilite cualquier filtración.

En ambos casos se está estudiando, para la restauración de las balsas y del resto de espacios afectados, la aplicación de tecnología innovadora (tecnosoles).

- Desmantelamiento de instalaciones auxiliares: oficinas, planta de tratamiento, pistas de transporte, accesos, etc.
- Revegetación y remodelado de todo el terreno, buscando mejorar la situación actual (pinos y eucaliptos) mediante la plantación de especies autóctonas. El objetivo es implantar una cubierta vegetal estable que controle la erosión y la calidad del agua de escorrentía, propicie la formación de un suelo productivo y sirva como hábitat y refugio de la fauna.

Una vez finalizados los trabajos de cierre y restauración de las instalaciones de residuos, la empresa sigue obligada a monitorizar y hacer labores de seguimiento y control de la gestión de instalaciones y de calidad del agua, durante todo el tiempo que la administración minera determine.

En definitiva, el Plan de Rehabilitación Ambiental de Corcoesto estudia y calendariza todas las actuaciones que se llevan a cabo sucesivamente para que el espacio ocupado por la explotación minera de manera temporal, quede finalmente integrado en el paisaje de forma segura y se le devuelva el uso que una vez tuvo: forestal, agrícola, ganadero, de ocio...

Por otro lado, cabe señalar que en la rehabilitación de la mina de Corcoesto se aplicarán los mismos criterios utilizados en As Pontes, con la ventaja adicional de incorporar la experiencia acumulada por el proyecto a lo largo de los 22 años que duró la rehabilitación de dicha escombrera.

Al igual que ha sucedido en As Pontes, un referente a nivel europeo de rehabilitación minera, la restauración se encamina a la creación de una cubierta vegetal estable y autosuficiente, que evolucionará de forma natural, permitiendo que los animales colonicen paulatinamente Corcoesto. Igualmente, el proyecto conlleva la creación de zonas húmedas, acondicionamiento del lago y las balsas de decantación, que funcionarán como elementos enriquecedores del ecosistema y como suministradores de agua para la fauna.

Primero llegarán los invertebrados y vertebrados, después las colonizarán los herbívoros y siguiendo a estos, en un proceso casi simultáneo, llegarán los carnívoros, como los zorros, siendo esta colonización del espacio un proceso espontáneo, absolutamente natural.

En As Pontes se han catalogado hasta la fecha 180 especies de vertebrados de los cuales 9 son anfibios, 6 reptiles, 131 aves y 34 mamíferos. En el Corcoesto restaurado, se espera una presencia y diversidad equivalentes, porque los animales encontrarán un lugar idóneo para asentarse, desarrollándose gracias a la protección, alimento, refugio y agua en abundancia.

Puede afirmarse que, con el paso del tiempo, el espacio restaurado de Corcoesto irá produciendo una rápida transformación, merced a una esperada dinámica evolutiva, conformando un ecosistema estable, complejo, maduro y autosuficiente, donde encontrarán equilibrio las comunidades de plantas y animales.

### **16.3 Tecnología innovadora en la restauración de Corcoesto.**

Los tecnosoles son suelos diseñados a medida de las necesidades ambientales que permiten fijar y retener compuestos químicos. Se realizan mezclando materiales naturales e incluso sintéticos, minerales u orgánicos.

Esta tecnología gallega constituye una de las técnicas más innovadoras del momento en términos de control ambiental y de valor biológico del suelo, proporcionando óptimos resultados en la restauración de los terrenos.

En el caso de Corcoesto, los tecnosoles mejorarían la fertilidad de los suelos, adecuándolos a las necesidades autoecológicas de las especies que repoblarán la zona, y potenciando al mismo tiempo la actividad biológica, la biodiversidad, y la conservación de hábitats y especies protegidas.

Además, se suman a las medidas de prevención ya utilizadas para el control y eliminación del arsénico, suponiendo una doble garantía para la gestión de este elemento.

## **17 Impacto ambiental.**

### **17.1 Introducción.**

El Plan de Gestión Ambiental de Corcoesto recoge todas las medidas de prevención y corrección que se adoptarán durante las diferentes fases de la vida de la mina, para evitar, minimizar o corregir el impacto ambiental del proyecto sobre los distintos elementos que integran el entorno: aguas, suelos, aire, fauna y flora, considerando, también, el factor social.

En la Gestión Ambiental de la mina de Corcoesto, cabe destacar tres fortalezas clave:

En primer lugar, la aplicación de los criterios de prevención del impacto ambiental y de maximización de la seguridad.

En segundo lugar, el Plan de Gestión Ambiental impone la realización de labores de restauración graduales y desde el inicio, lo que facilitará crear una situación óptima de cara a la restauración final.

La utilización de las mejores técnicas disponibles. El proyecto minero de Corcoesto comporta una minería moderna, responsable con el entorno, que incorpora la aplicación de las mejores técnicas disponibles en minería.

### **17.2 Control y vigilancia ambiental.**

El proyecto cuenta con un Programa de Vigilancia Ambiental, elaborado para las fases preoperacional, de explotación y de restauración, que pondrá en marcha un continuo control y seguimiento de los distintos elementos del entorno, como las aguas, el aire o el suelo.

El desarrollo de este programa garantiza el cumplimiento de todas las indicaciones, medidas protectoras y correctoras contenidas en el estudio de impacto ambiental.

El seguimiento se realiza, periódicamente, a través de inspecciones, muestreos y análisis, que revelan el estado ambiental del entorno de la mina. Todos los muestreos y análisis deben ser realizados por Organismos de Control Acreditados (OCA) según normas UNE-EN-ISO 17020 y UNEEN-ISO 17025.

Independientemente, y como refuerzo de estos muestreos, la empresa podrá realizar controles internos con el fin de garantizar el buen funcionamiento de todos los procesos.

#### **1. Control preoperacional:**

El punto de partida del programa de vigilancia es conocer las condiciones de referencia anteriores al inicio de la actividad minera: sólo así se podrá controlar y advertir si se producen cambios anormales en el entorno debidos a esta actividad, en cuyo caso se aplicarían medidas correctivas.

Para ello, se audita la situación del entorno: paisaje, suelo, el aire, el agua, fauna y flora, entre otros.

El programa de Vigilancia de la Calidad de las Aguas en fase preoperacional, incluye:

- Medición en continuo del caudal del rego Lourido.
- Medidas quincenales de niveles piezométricos.
- Medidas trimestrales de caudal y parámetros físico-químicos (general, aniones, cationes, metales y otros parámetros significativos) en:
  - Aguas superficiales.
  - Manantiales.
  - Aguas subterráneas.



Figura 17.1.- Técnico tomando muestras.

Asimismo, se realizará el seguimiento preoperacional de la fauna presente en el entorno. Para el seguimiento de la climatología de la zona, se contará con una estación meteorológica propia que permitirá tomar los datos sobre pluviometría, temperatura, velocidad y dirección del viento, evaporación y humedad, etc.

## 2. Informes periódicos:

El Programa de Vigilancia Ambiental se completa con la elaboración de informes periódicos que deben ser presentados ante la Consellería de Medio Ambiente, cuyas condiciones específicas de elaboración están establecidas en la Declaración de Impacto Ambiental.

Los informes deben recoger todas las actuaciones realizadas, los resultados de la aplicación de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias, los informes de resultados de la vigilancia y control ambiental emitidos por el OCA, además de incluir un reportaje fotográfico y planos.

Estos informes de seguimiento se elaborarán trimestralmente durante la fase preparatoria y semestralmente durante las fases de operación y cierre y clausura.

## 3. El consejo supervisor de la gestión ambiental:

La gestión ambiental del proyecto será supervisada por un Consejo Supervisor, cuyo objetivo es garantizar la transparencia de las actividades de la compañía y de sus empresas colaboradoras.

Conformado por un equipo de profesionales independientes, de reconocido prestigio en el ámbito científico y medioambiental, se reunirá periódicamente para realizar una valoración sobre los proyectos, estudios, informes y resultados correspondientes a la gestión de la rehabilitación de los terrenos, la planta metalúrgica, y las actuaciones de empresas colaboradoras en el proyecto. Todas sus conclusiones serán publicadas en la web del proyecto.

## **17.3 Gestión del agua.**

### **17.3.1 Sistema de Gestión Integral del Agua.**

El agua constituye sin duda uno de los aspectos más sensibles y cuidados del proyecto. El Sistema de Gestión Integral de Aguas del proyecto minero se ha diseñado con el propósito de proteger los recursos hídricos del entorno y lograr un tratamiento racional y eficiente de este recurso.

La planta industrial será autosuficiente, no produciéndose captación de agua de los ríos. El agua presente en el proceso será constantemente recirculada y no se realizan vertidos del proceso. Para el diseño de este sistema de gestión, se ha elaborado un estudio que realiza una exhaustiva descripción y caracterización hidrológica e hidrogeológica de la zona afectada por la mina. Este estudio ha permitido adquirir un completo conocimiento del funcionamiento y situación actual del agua en la zona, tanto la superficial como la subterránea. Este conocimiento es clave para la adecuada gestión ambiental.

La gestión de aguas de la explotación comprende todos los aspectos relativos a la recogida, drenaje y reincorporación al medio receptor, de las aguas superficiales y de los flujos subterráneos implicados en todas las superficies de proyecto: viales, plataformas y hueco minero.

### 17.3.2 Flujo de Aguas del proyecto.

La mina cuenta con un completo sistema de drenaje que permite recoger y redirigir todo el agua de lluvia o subterránea, así como la que se puede generar con la actividad minera, circundante a las instalaciones y reconducirla, bien para su reutilización en el proceso, o bien, si ha estado en contacto con la excavación, a su tratamiento.

Básicamente, los flujos de aguas corresponden a tres tipos: aguas pluviales de escorrentía, aguas subterráneas procedentes del drenaje minero y aguas sanitarias.

En cuanto a los vertidos, se distinguen dos sistemas independientes en función de la zona en la que se generan:

#### a) **Zona minera:**

- Vertidos de aguas procedentes de los huecos mineros (cortas a cielo abierto)
- Vertidos de aguas de la red de depresión perimetral, que son pozos de bombeo que se realizan alrededor de las cortas para bajar el nivel freático.
- Vertidos de aguas de viales y zonas exteriores.
- Vertidos de aguas procedentes de la escombrera.

#### b) **Zona de planta de tratamiento:**

La planta constituirá un circuito cerrado con las balsas, por lo que el proceso no generará vertidos; únicamente, aguas sanitarias y de aguas pluviales externas a la planta, algunas de las cuales provendrán de la zona de talleres y repostaje.

El diferente origen de estas aguas explica que hablemos de puntos de entrega (aguas que no han tenido contacto con las zonas alteradas) y de puntos de vertido (aguas procedentes de zonas alteradas por el proyecto, que recibirán un tratamiento previo).

Previo a su vertido, las aguas serán tratadas en unas estructuras de depuración, de modo que cada punto de vertido de aguas de escorrentía esté asociado a una balsa de decantación, donde se depurará el agua.

### 17.3.3 Tratamiento de aguas de vertido.

Para depurar las aguas que han entrado en contacto con el yacimiento o el mineral, se dispondrá de distintos tratamientos que actuarán unidos para eliminar sólidos, corregir el pH y controlar el arsénico.

Para cada uno de los puntos de vertido se diseñará un tratamiento mediante decantación que eliminará los sólidos en suspensión.

Este tratamiento permitirá eliminar todas las partículas sólidas con diámetro mayor o igual a 0,1 mm. La adición de floculante permitirá eliminar también las partículas con un tamaño inferior a ese diámetro.

Además, para la corrección del pH de las aguas pluviales que entren en contacto con superficies mineralizadas se considera que el sistema más apropiado son los canales abiertos de caliza. Este sistema de tratamiento se implanta en los canales o cunetas por las que circula el agua antes de su entrega a las balsas de decantación, y está constituido por un lecho de grava caliza gruesa y limpia de finos que ayuda a “basificar” el pH de las aguas.

En este punto, hay que recordar que para el control del arsénico, presente de forma natural, se utilizará la adición de sales férricas. Las sales férricas son un coagulante de uso habitual en plantas de tratamiento de aguas y se incorpora su uso para garantizar que los vertidos cumplen lo requerido tanto por la autorización de vertido como por la Directiva Marco para los cauces receptores.

#### 17.3.4 Consumo de agua.

El proceso industrial de tratamiento de mineral optimizará el uso del agua, recirculando la utilizada (que se obtiene de la humedad de los estériles), y aprovechando el agua de lluvia recogida y la obtenida del bombeo de los huecos mineros como aporte.

El único consumo de agua externa al proyecto vendrá de la necesidad de agua potable para las oficinas y vestuarios. Su aporte provendrá de la traída municipal existente entre A Baneira y Corcoesto.

#### 17.3.5 Control de la calidad de las Aguas.

Durante la fase de operación se establecerán 4 puntos de control en el río Anllóns: Dos en el rego do Lourido y dos en el rego Regueira.

También se realizará un control de los manantiales y de las aguas subterráneas mediante la instalación de 10 piezómetros y de los sondeos perimetrales de depresión piezométrica.

Mensualmente, se hará un análisis físico-químico completo (general, aniones, cationes, metales y otros parámetros significativos) de todas estas aguas, por un organismo de control autorizado, conforme a lo establecido en la Declaración de Impacto Ambiental.

En relación con las aguas procedentes del proyecto minero cuyo destino sea el vertido, habrá un control en continuo de pH, O<sub>2</sub>, turbidez, temperatura, etc.

### 17.4 Gestión ambiental del arsénico.

#### 17.4.1 El arsénico.

El arsénico es un elemento químico que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Se presenta en la corteza terrestre con una concentración media de 4,8 mg/kg, aunque su distribución es heterogénea.

Su toxicidad depende principalmente de la forma en que se presente y de su concentración, siendo las especies orgánicas más inocuas que las inorgánicas.

El arsénico tiene muchas aplicaciones en la industria metalúrgica, sobre todo para la elaboración de aleaciones, y se utiliza, por ejemplo, en la industria del vidrio (óxido de arsénico); los sulfuros de arsénico se usan como pigmentos en pinturas y en fuegos pirotécnicos; el arseniato de hidrógeno, así como otros compuestos de arsénico, se emplea en medicina. Igualmente, se utiliza en la producción de pesticidas, herbicidas, biocidas, protectores de la madera, entre otros. De hecho, su utilización extensiva e indiscriminada en agricultura (fertilizantes y pesticidas) está considerada como la principal fuente de contaminación ambiental en las últimas décadas.

#### 17.4.2 El arsénico en el entorno de Corcoesto.

El contenido en arsénico en la zona de Corcoesto es el natural del subsuelo de la zona, donde se encuentra en la arsenopirita. En el proyecto se ha realizado un exhaustivo análisis de las aguas superficiales, subterráneas y de los suelos en la zona del yacimiento, que ha permitido identificar dónde y en qué concentraciones se encuentra el arsénico en el entorno:

Las aguas superficiales del entorno, río Anllóns y regos Lourido y Regueira, presentan una concentración baja o muy baja de este elemento, cumpliendo sobradamente con las normas de calidad ambiental para estas aguas, que establecen 50 ppb como valor máximo a cumplir. Concretamente, el río Anllóns ha mantenido siempre valores por debajo de 10 ppb en los distintos muestreos realizados tanto por la Xunta de Galicia como por las Universidades de Santiago y Vigo.

La anomalía de arsénico en la zona se manifiesta en suelos y en las aguas subterráneas y los sedimentos de la cuenca baja del Anllóns, donde el aporte de arsenopirita es debido fundamentalmente a la erosión natural.

Estudios realizados por la Universidad de Santiago concluyen que únicamente un 5% del arsénico presente en los sedimentos estaría biodisponible. Es decir, si hipotéticamente una persona ingiriera el sedimento, sólo el 5% del arsénico pasaría a su cuerpo.

El aporte de arsénico a las aguas subterráneas y sedimentos es, fundamentalmente, de origen natural, debido a los procesos de meteorización, erosión y transporte de partículas de la zona del yacimiento hacia el entorno, debido a las esorrentías.

No son, por tanto, las antiguas labores mineras la causa de su enriquecimiento en arsénico. Así lo explican distintos estudios, como el realizado por la Universidad de A Coruña.

#### 17.4.3 El arsénico en la operación minera.

En Corcoesto el oro se localiza dentro de zonas mineralizadas consistentes en vetas de cuarzo asociadas con arsenopirita, desde la superficie hasta centenares de metros de profundidad.

Estas zonas mineralizadas serán las que se exploten para extraer el oro que contienen, de modo que la mayor parte del arsénico será enviado y tratado en la planta.

La proporción en que se encuentra el arsénico en el proyecto es la siguiente:

- El mineral que se envía a la planta tiene un contenido medio del 0,5% de arsénico.
- En cambio, el estéril de mina, que es depositado en la escombrera y utilizado para relleno de los huecos mineros, tiene un contenido promedio de arsénico unas 10 veces inferior (0,05%).
- Todo el mineral que es enviado a la planta de tratamiento finaliza en los depósitos de estériles, a excepción de su contenido en oro. Los estériles del tratamiento, producidos en laboratorio a partir de pruebas metalúrgicas, se han analizado mineralógica y químicamente, concluyendo que el estéril de flotación tiene un contenido en arsénico de sólo 0,026 a 0,036%, mientras que el de lixiviación es del 8%; es decir, prácticamente todo el arsénico se concentra en éste último.

Los depósitos de estériles se encontrarán convenientemente impermeabilizados y son objeto de rigurosos controles medioambientales, por lo que, de la situación actual, en la que el arsénico está presente en el suelo y sometido a procesos de disolución y erosión de forma natural, se pasará a una situación en la que estará confinado y gestionado adecuadamente.

#### 17.4.4 Arsénico y calidad atmosférica.

Para conocer la influencia de la actividad minera sobre la calidad del aire, se han realizado estudios externos. La metodología utilizada fue la elaboración de un modelo de dispersión de polvo (PM10) y arsénico para la fase de explotación en la que el movimiento de tierras fuera el más importante en la vida del proyecto, es decir, se calculó sobre el mayor potencial de generar emisiones de material particulado y arsénico asociado.

La calidad atmosférica está legislada por el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, mediante la fijación de unos valores máximos. En relación con el arsénico, establece un valor objetivo de 6 ng/m<sup>3</sup> (6.10<sup>-9</sup> g/m<sup>3</sup>) medido como promedio, durante un año natural, en el aire ambiente en la fracción PM10 del material particulado (PM10 es la fracción de material particulado que se considera más perjudicial para la salud humana).

Los resultados del estudio concluyen que en el entorno de la explotación minera no se producirán superaciones del valor objetivo establecido por el mencionado Real Decreto para garantizar la salud de las personas y la protección del medio ambiente.

### 17.5 Gestión de la calidad atmosférica.

#### 17.5.1 Polvo.

Para prevenir la generación de polvo y su transporte, se adoptarán distintas medidas destinadas tanto a prevenir y corregir la generación y transporte de polvo y humos, entre las que cabe citar:

- Riego de pistas y mantenimiento adecuado de las mismas.
- Plantación vegetal, que funcionará a modo de pantalla para el polvo, en las áreas adyacentes a las pistas más expuestas a la acción del viento.
- Lavado de los camiones que transporten el material antes de acceder a las vías públicas.
- Todos los equipos de perforación estarán dotados con captadores de polvo.
- La ubicación de los lugares de acopio de mineral se hará teniendo en cuenta el efecto del viento.
- La maquinaria empleada será moderna, y cumplirá con la legislación vigente en materia de humos y gases de vehículos a motor. Los equipos se mantendrán desconectados cuando no se utilicen y se promoverá una conducción de maquinaria suave y de velocidad moderada.
- Para reducir el polvo en suspensión se implantarán distintas técnicas, como el transporte de material sobre cinta cubierta; se minimizará la altura de la descarga de material o se utilizarán sistemas de descarga telescópica, pulverización de agua con espuma, o sistema de nieblas secas, entre otras.

El estudio sobre la dispersión del polvo, realizado por empresas externas, sobre un modelo de dispersión de polvo PM10 -la fracción PM10 es la fracción de material particulado considerada más perjudicial- se ha calculado para el momento de la explotación en el que el movimiento de tierras será mayor.

El modelo de calidad de aire -AERMOD-, sobre el que se han realizado los cálculos, es considerado de última generación y está especializado en la modelización de emisiones de partículas en minas a cielo abierto y canteras, por lo que constituye una referencia mundial para estos casos.

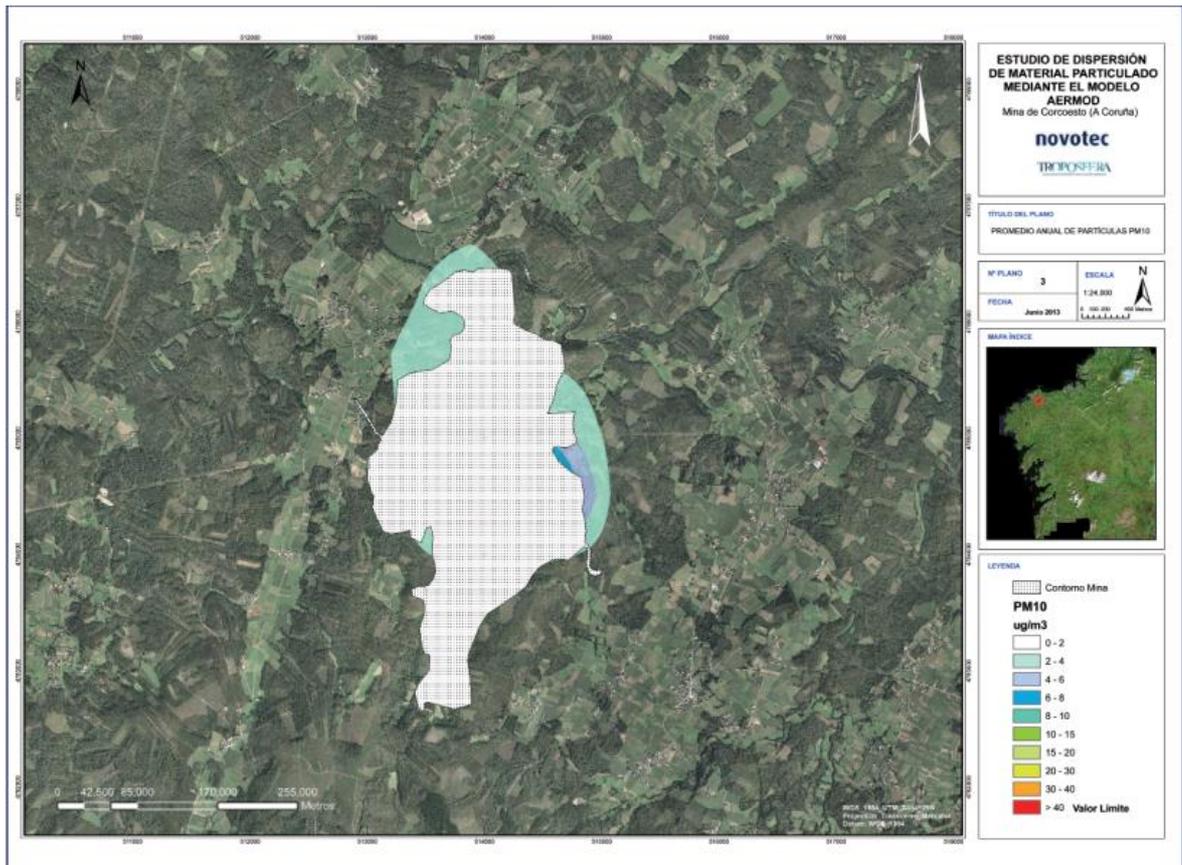


Figura 17.2.- Estudio de dispersión de material particulado mediante modelo AERMOD.

Los resultados de la modelización concluyen que los valores calculados para el entorno inmediato del proyecto están muy por debajo del valor objetivo fijado por la legislación para la protección de la salud de las personas y el medio ambiente.

No hay, por tanto, emisiones de polvo que supongan un impacto a la salud de las personas o el medio ambiente.

### 17.5.2 Ruido y vibraciones.

#### **Ruido**

La producción de ruido durante el desarrollo de la actividad minera vendrá originada por los trabajos de perforación, las operaciones de carga, transporte y descarga, y las voladuras, principalmente.

Para eliminar el ruido durante los trabajos de perforación, sólo se utilizarán equipos dotados de compresores de bajo nivel sonoro.

El ruido de los vehículos que realizan operaciones de carga, transporte y descarga, será mitigado mediante medidas preventivas: sólo se utilizará maquinaria debidamente homologada y en la que se realice un mantenimiento periódicamente. Este mantenimiento eliminará los ruidos producidos por el desgaste y desajuste de las piezas móviles.

#### **Voladuras**

La utilización de explosivos para la actividad de extracción del mineral en cuanto a generadora de polvo, ruido y vibraciones, puede constituir una potencial molestia.

Por este motivo, un adecuado estudio de la morfología de la zona, su climatología (régimen de vientos) y el proyecto adecuado de voladuras son indispensables para controlar y minimizar los efectos que pueden generar estas operaciones.

Para la realización de las voladuras, se contará con el asesoramiento de una empresa con experiencia internacional en la aplicación de explosivos para minería.

En cuanto a las medidas preventivas y correctoras del impacto de las voladuras, entre otras, se adoptarán las siguientes:

- Se respetará escrupulosamente el diseño de voladura previsto en el Proyecto de explotación, sobre todo en cuanto a carga operante máxima, para mantener ésta dentro de los límites considerados legalmente no molestos.
- El retacado tendrá la longitud mínima indicada y se realizará con materiales que tengan una óptima contención de los gases de voladura.
- En el caso de que fuera necesario realizar algún cambio por motivo de producción o de las características del mineral, previamente será necesario realizar un estudio de vibraciones y de onda aérea.
- Los planes de trabajo susceptibles de ocasionar molestias en las áreas circundantes serán anunciados de modo previo y sistemático. Además, si se produjera alguna queja vecinal por vibraciones o ruido, durante alguna de las fases del proyecto, se realizará una inspección de la zona, se comprobará el correcto funcionamiento de los equipos y se controlará si se aplicaron todas las medidas correctoras y protectoras.
- La vegetación circundante existente o que se cree (pantallas vegetales) ayudará a atenuar las molestias causadas por estas operaciones.

## 17.6 Flora, fauna y paisaje.

Las medidas correctoras sobre la vegetación van destinadas sobre todo a lograr una adecuada restauración ambiental, mediante un análisis de los suelos, selección de especies autóctonas, tipo de plantación y la realización de labores destinadas al mantenimiento de este elemento, lo que resulta esencial para la fauna.

La restauración supondrá una mejora, ya que, en la actualidad, el 90% de la superficie afectada por el proyecto corresponde a plantaciones de pinos y eucaliptos, de escaso valor forestal.

Respecto a las medidas protectoras a adoptar, serán las siguientes:

- En la construcción de accesos, la empresa pondrá especial cuidado para no afectar a vegetación ni a fauna.
- Limitación de velocidad en los accesos e instalación de señalización adecuada.
- Estudio de la ubicación de los apoyos de línea eléctrica para el suministro de la mina, de cara a evitar el impacto sobre la fauna y el riesgo de electrocución para los animales.

Igualmente, la empresa realizará un seguimiento específico sobre la flora y fauna potencialmente afectadas por la explotación.

Los dos primeros años de la explotación se realizarán informes semestrales, que, posteriormente, tendrán una periodicidad anual o bienal, según determine la Dirección Xeral de Conservación da Naturaleza.

La gestión ambiental en el aspecto paisajístico va dirigida a lograr el mínimo impacto visual durante la vida de la explotación y al inicio de los trabajos progresivos de restauración que permitirán finalmente lograr un terreno naturalizado, integrado de nuevo en el paisaje, con una topografía que se adapte lo máximo posible al medio, logrando una morfología suave, sin pendientes excesivas.

En definitiva, labores todas ellas que conducirán a un óptimo resultado de la restauración.

## 18 Estudio económico.

### 18.1 Introducción.

El estudio de viabilidad económica tiene como finalidad evaluar la viabilidad de un proyecto.

Un proyecto de minería requiere la realización de pagos a lo largo de su periodo de vida, en nuestro proyecto está estimada en once años, sí solo se explota a cielo abierto. Cabría la posibilidad de hacer una mina de interior y aumentar el periodo de vida de la mina a veinte años. Entre los pagos se encuentra la inversión inicial, que difiere en el tiempo gracias a la financiación externa, unas cantidades anuales fijas (seguros e impuestos que gravan los ingresos) y unas cantidades anuales variables (gastos de operación y mantenimiento).

Los ingresos de la mina proceden de la venta del oro producido.

Como es un gran proyecto requiere en general una gran inversión inicial, y debido a la maquinaria empleada, los costes de explotación también son altos.

$$\text{Producción} = 2.074.986 \text{ onzas} \times 1.175,45 \text{ €/onza} = 2.439.042.294 \text{ €}$$

**PRODUCCIÓN ANUAL (Vida útil de 8 años) = 304880286.75 €/AÑO.**

### 18.2 Análisis de la rentabilidad del proyecto.

#### 18.2.1 Introducción al análisis de rentabilidad.

Para este estudio se van a considerar los siguientes aspectos:

- Inversión inicial: La suma de los pagos por la adquisición de las distintas máquinas y la puesta en servicio del proyecto.
- Pagos: Los realizados a lo largo del periodo de explotación por operación y mantenimiento.
- Vida útil del proyecto: Se tomarán los primeros once años.
- Impuestos: Se tomará un I.V.A. del 21 %.
- Índice de precios al consumo: Se tomará un 2,80 % de IPC.

### 18.3 Valor actual neto (VAN).

Se denomina VAN de una cantidad  $A$  a percibir durante  $n$  años con una tasa de interés  $i$  a la cantidad que, en caso de tenerse hoy, generaría al cabo de los  $n$  años antes mencionados la cantidad  $A$ .

$$VAN = \frac{A}{(i + 1)^n}$$

En este tipo de proyectos se desembolsa inicialmente el total de la inversión, teniendo posteriormente cargas monetarias que estarán compuestas de ingresos y gastos, generalmente variables. La expresión se transforma en la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{C_t - P_t}{(1+i)^t}$$

Dónde:

- I es la inversión inicial.
- $C_t$  son los cobros del año.
- $P_t$  son los gastos del año.
- i es la tasa de interés. Generalmente se toma entre un 8 % y un 10 %.
- n es el número de periodos, en este caso, 11.

El VAN debe ser positivo para poder aceptar una inversión, y entre dos proyectos, se tomará el que tenga un VAN más alto. Un VAN positivo implica que la diferencia entre los ingresos y los gastos más la inversión inicial toman un valor positivo.

#### 18.4 Tasa interna de retorno (TIR).

Tasa de interés que hace nulo el valor actual neto. En la expresión del VAN se tendría lo siguiente:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{C_t - P_t}{(1+TIR)^t}$$

El TIR se puede tomar como la tasa de interés que el proyecto es capaz de proporcionar. Entre dos proyectos, será más rentable el que presente un TIR más alto.

#### 18.5 Estudio de viabilidad económica.

##### 18.5.1 Ingresos.

Serán los producidos por la venta de oro.

Para llevar a cabo los cálculos se tomará el supuesto de que la explotación se acoge a la tarifa regulada, en la que los ingresos serían de **1.175,45 €/onza** durante los primeros once años, que es la vida estimada del proyecto.

Los ingresos que va a producir la explotación al año son:

$$Ingresos_{año} = Producción\ anual \times Precio\ onza$$

Dónde:

- Producción anual: 259.373,25 onzas.
- Precio de la onza: 1175,45 €/onza.

$$Ingresos_{año} = 259.373,25 \times 1175,45 = 304.880.287 \text{ €}$$

Con lo que el valor de los ingresos del segundo año (primer año de explotación/producción) será **304.880.287 €**.

#### 18.5.2 Gastos.

Los criterios de diseño de los procesos se desarrollaron utilizando los datos de las pruebas metalúrgicas descritas anteriormente, sumados a algunas suposiciones basadas en tipos similares de procesos de recuperación de oro. Las tarifas unitarias fueron proporcionadas por RNGM.

Tanto el capital y las estimaciones del coste operativo deben considerarse preliminares, y para tener una precisión del  $\pm 35\%$ . Los niveles de mano de obra y de personal fueron proporcionados por Río Narcea basándose en operaciones similares en España.

- **Dotación de personal y salarios anuales.**

El número de personal estimado a contratar y sus correspondientes salarios anuales se estiman en la siguiente tabla:

Tabla 18.1.- Dotación de personal y salarios anuales.

DESCRIPCIÓN	PERSONAL	SALARIOS (€)
Trabajos de mina	20	692.000
Geología y control de leyes	8	240.000
Medioambiente y seguridad	6	138.000
Laboratorios	13	277.000
Planta	52	1.180.000
Almacén y pedidos	5	126.000
Oficinas	27	698.000
<b>TOTAL</b>	<b>131</b>	<b>3.351.000</b>

- **Minería.**

El costo de la minería a cielo abierto se basa en la media de los tres costos de extracción proporcionados por tres contratistas de la minería española.

Tabla 18.2.- Costes de extracción.

CONTRATISTA	COSTE €/m <sup>3</sup>	COSTE €/TONELADA
S&L	4,38	1,65
ARIAS	3,20	1,20
BATAN-ARENAL	3,05	1,15
MEDIA ARITMETICA	<b>3,54</b>	<b>1,33</b>

Se estima un factor de conversión de 2,66 t/m<sup>3</sup>.

Está previsto tener que mover un total de 3.920.000 m<sup>3</sup>, por lo tanto, el coste de extracción será:

$$\text{Coste extracción} = 3.920.000 \times 3,54 = 13.876.800 \text{ €}$$

Dentro de la operación de minería también vamos a meter la fase de exploración.

Se llevará a cabo antes de la apertura del cielo abierto una fase de perforación de 30.000 metros, con un coste de 93 €/m.

$$\text{Coste investigación} = 30.000 \times 93 = 2.790.000 \text{ €}$$

El coste derivado de la perforación y voladura se ha estimado en 0,75 €/t.

$$\text{Coste perforación y voladura} = 3.920.000 \text{ m}^3 \times 2,66 \text{ t/m}^3 \times 0,75 \text{ €/t} = 7.820.400 \text{ €}$$

- **Planta de tratamiento.**

Los costes derivados de la planta de tratamiento se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 18.3.- Costes planta de tratamiento.

AREA	COSTE (€)	PORCENTAJE
Trituración	3.591.000	14%
Molienda	9.876.500	38%
Flotación	4.686.500	18%
Lixiviación de concentrados	3.186.000	12%
Reactivos	2.850.000	7%
Descontaminación	2.660.500	10%
<b>TOTAL</b>	<b>26.850.500</b>	<b>100%</b>

- **Infraestructuras.**

Los costes derivados de la realización de las infraestructuras son:

Tabla 18.4.- Costes realización de infraestructuras.

DESCRIPCIÓN	COSTE (€)
Oficinas y despachos	1.200.000
Nave de planta	3.600.000
Equipos y consumibles	110.000
Aparcamientos exteriores	85.000
Parque motor maquinaria	530.000
Vestuarios	45.000
<b>TOTAL</b>	<b>5.570.000</b>

- **Corriente eléctrica.**

**450.000 €** se destinarán para redirigir a 5 km la línea eléctrica existente que pasa por encima del Pozo del Inglés y Petón de Lobo.

**3.100.000 €** se destinarán para crear la subestación eléctrica de la planta. Estos costes se basan en los precios proporcionados por la compañía eléctrica local.

- **Mantenimiento.**

Se estima un coste de mantenimiento de **150.000 €/año**.

- **Gestión de las colas de residuos.**

Se estima que el costo de la gestión del tratamiento de los residuos será **29.000.000 €** durante el periodo de explotación de la mina.

- **Rehabilitación de la mina.**

Un total de 341 hectáreas de área perturbada se proyecta durante la vida del proyecto, incluyendo pozos, vertederos de desechos, y la instalación de relavado.

El coste de la rehabilitación se estima en 25.000 € por hectárea, siendo el coste total **8.525.000 €**.

El 25% del coste de rehabilitación, 2.131.250 € se asigna durante la producción y los restantes 6.393.750 € se asignan al final de la explotación.

- **Resumen de costes.**

Tabla 18.5.- Resumen de costes.

DESCRIPCIÓN	COSTE (€)
Dotación de personal y salarios (11 años vida útil max.)	36.861.000
Minería	24.487.200
Planta de tratamiento	26.850.500
Infraestructuras	5.570.000
Corriente eléctrica	3.550.000
Mantenimiento	1.650.000
Gestión de residuos	29.000.000
Rehabilitación de la mina	8.525.000
<b>TOTAL</b>	<b>136.493.700</b>

## 18.6 Resultados.

Los resultados obtenidos se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 18.6.- Viabilidad económica.

Años	Ingresos	Gastos	Beneficio neto
0	0	26.196.000	26.196.000
1	0	13.696.500	39.892.500
2	304.880.287	9.954.550	255.033.237
3	304.880.287	9.954.550	549.958.974
4	304.880.287	9.954.550	844.884.711
5	304.880.287	9.954.550	1.139.810.448
6	304.880.287	9.954.550	1.434.736.185
7	304.880.287	9.954.550	1.729.661.922
8	304.880.287	9.954.550	2.024.587.659
9	304.880.287	9.954.550	2.319.513.396
10	0	6.547.900	2.312.965.496
11	0	6.547.900	2.306.417.596

Los datos en rojo representan valores negativos.

En la tabla se puede ver que el retorno de la inversión se produce ya en el segundo año.

Estos valores indican una rentabilidad muy buena que justifica la inversión prevista.

## 19 Conclusiones.

### 19.1 Creación de empleo.

Como cualquier otro proyecto minero, Corcoesto se desarrollará en tres fases: Construcción, Explotación y Restauración.

La impartición de formación laboral específica, facilitará el acceso de trabajadores de la zona, hasta el 80% del total de la plantilla, materializando el compromiso de la empresa con la comarca de Bergantiños.

- Durante la primera fase, construcción, será cuando se cree más empleo. Se estima que unas 500 personas trabajarán en la construcción y montaje de las instalaciones, así como en los trabajos de preparación previos al inicio de la explotación minera.
- En la fase de explotación habrá 271 empleados directos.
- La contratación y formación del personal que va a operar la mina, la planta y los servicios generales, se realiza gradualmente desde la fase de construcción, y con una mayor intensidad unos seis meses antes de la puesta en marcha de la planta de tratamiento. La contratación de todos los puestos necesarios es con contratos indefinidos a jornada completa, alcanzando un total de 271 puestos de trabajo.

### 19.2 Salud y seguridad.

El riesgo es un elemento intrínseco asociado a la profesión minera. Esta realidad exige que todas las partes involucradas (administraciones públicas, empresas y trabajadores) presten la mayor atención y esfuerzo para lograr minimizar y controlar el riesgo, mediante el exhaustivo conocimiento y control de las causas, la aplicación de técnicas preventivas y la adecuada formación de los trabajadores sobre el puesto que desarrollan.

El compromiso en Corcoesto con la seguridad y salud de sus trabajadores se cristaliza en la adopción del objetivo cero accidentes incluido en las líneas estratégicas de la empresa.

Para la consecución de dicho objetivo se establecen dos premisas fundamentales:

- La integración de las políticas de Prevención de Riesgos Laborales tanto en la gestión de la empresa como en su proceso productivo, implicando a todos los niveles de la organización, desde la dirección general hasta el último de los trabajadores.
- La adecuada formación de los trabajadores, específica para cada puesto de trabajo, que posibilite su desempeño con seguridad, reduciendo el riesgo de accidentes y la exposición a un ambiente laboral perjudicial para la salud de los trabajadores.

### 19.3 Impacto socioeconómico del proyecto.

La dimensión estratégica que este proyecto tiene a escala regional, se convierte en oportunidad, a escala local, para los municipios vecinos de la comarca de Bergantiños. Otras experiencias recientes en Galicia (Mina de As Pontes o de Meirama) o una explotación muy similar a la del proyecto de Corcoesto, como la mina de El Valle-Boinás, en el municipio de Belmonte, así lo confirman.

Un proyecto de esta envergadura representa una gran oportunidad para fortalecer y diversificar el tejido industrial local, tanto por la incorporación de empresas a la cadena de suministro de la mina como por el desarrollo de nuevas iniciativas empresariales en la zona.

Recientemente, la Universidad de Santiago de Compostela realizó un estudio que analizaba los potenciales impactos socioeconómicos del proyecto. El estudio estima que la inversión que se realizará en Corcoesto en el primer año supone un incremento de la demanda final de 66,8 millones de euros, para cubrir la cual es necesaria una producción adicional de bienes y servicios por importe de 187,3 millones de euros. En consecuencia, para semejante aumento de la producción, el empleo directo durante ese primer año, asciende a 480 ocupados, mientras que los empleos indirectos en la economía gallega serían 474 y, finalmente, 664 empleos inducidos. En total, según refiere el citado estudio, el impacto de la inversión sobre el empleo generado o mantenido en el territorio gallego sería de 1.628 empleos (suma de empleo directo, indirecto e inducido).