



## Informe Final Proyecto FIC-ECO 2010.



*“Uso de las escorias de cobre de depósitos abandonados, como un nuevo material de construcción”*

Ejecutor  
Director Proyecto  
Director Alterno  
Colaborador

Universidad de Atacama  
Amin Nazer Varela  
Osvaldo Pavez Miqueles  
Luis González Gray

Copiapó, Octubre, 2012



## Tabla de Contenidos

Informe Final Proyecto FIC-ECO .....	3
A. Resumen del proyecto .....	3
B. Principales Actividades Realizadas .....	4
1. Identificación de los lugares que presentan depósitos abandonados de escorias de cobre en la Región de Atacama. ....	4
2. Cubicación de los depósitos abandonados. ....	4
3. Caracterización de las escorias de cobre.....	4
4. Elaboración de base de datos de escoriales.....	5
5. Uso de la escorias de cobre en morteros y hormigones .....	6
6. Vinculación con la empresa.....	8
7. Estudio de mercado para comercialización de baldosas .....	8
8. Difusión.....	9
C. Conclusiones.....	10
D. Líneas Futuras .....	11
Anexos .....	12
Anexo 1. Resultados de análisis químico y mineralógico de algunas escorias.....	12
Anexo 2. Fotografías diferentes escoriales de la Región de Atacama .....	15
Anexo 3. Informe Financiero .....	23



## Informe Final Proyecto FIC-ECO

### *“Uso de las escorias de cobre de depósitos abandonados, como un nuevo material de construcción”*

#### **A. Resumen del proyecto**

La Región de Atacama históricamente ha basado su riqueza en la minería, fundamentalmente en la extracción y procesamiento de minerales de cobre, oro y plata. Antecedentes bibliográficos muestran que en Atacama existieron decenas de fundiciones de cobre ubicadas en las cercanías a los yacimientos mineros. Estas fundiciones generaron escoriales de cobre, los cuales han permanecido como depósitos abandonados, en algunos casos por casi dos siglos, sin que exista hasta ahora un uso de estos pasivos ambientales.

Sin embargo, estudios a nivel mundial muestran que las escorias de cobre pueden tener un uso importante en el sector de la construcción, ya sea empleándolas como un sustituto de áridos, como la arena y la grava en hormigones y morteros o como un material cementoso que reemplaza parcialmente al cemento Portland. Además la literatura ha informado sobre usos en el pulido y limpieza de estructuras metálicas mediante arenado a alta presión, así como balasto en líneas férreas y gravillas en mezclas asfálticas de obras viales, entre otros usos menores.

Este proyecto pretende estudiar y proponer de acuerdo a los resultados, una posibilidad de uso de las escorias de cobre de los vertederos abandonados de la Región de Atacama para el sector de la construcción. Basado en esto, el estudio se orienta específicamente a la utilización de las escorias de cobre como un material que reemplace a los ripios y arenas de río que se usan en la fabricación de hormigones y morteros de cemento. Finalmente se tendrá una base de datos regional de los escoriales de cobre abandonados.

Para llevar a cabo el proyecto, se propone la cubicación e identificación geográfica de los principales depósitos de escorias de cobre que han sido abandonados en nuestra región, con el propósito de conocer las características de los escoriales en cuanto a su volumen, facilidades de acceso al lugar y las propiedades físicas y químicas de las escorias de cobre para proponer su potencial uso como un nuevo material de construcción.



## B. Principales Actividades Realizadas

### 1. Identificación de los lugares que presentan depósitos abandonados de escorias de cobre en la Región de Atacama.

Basado en recopilación de información histórica de relatos, libros, estadísticas de producción minera, informes técnicos y visita a centros mineros de la Región de Atacama, se logró identificar una cantidad de 54 escoriales (véase Tabla 1).

Nombre Escorial	Nombre Escorial	Nombre Escorial
1. Agua Amarga	2. Ánimas	3. Aris
4. Astilla1	5. C-438	6. Camarones
7. Canto de Agua 1	8. Carbones	9. Carrizal Alto
10. Carrizal Bajo	11. Carrizo	12. Cerro Blanco1
13. Cerro Blanco2	14. Cerro Blanco3	15. Challe
16. Chamonate	17. Chañaral 1	18. Chañaral 2
19. Chañaral 3	20. Chañarcillo	21. Canto del Agua 2
22. El Escorial	23. El Sauce	24. Estancia Maitencillo
25. Fragüita	26. Higirio	27. Hornitos
28. La Brea	29. Labrar1	30. Labrar2
31. Las Bombas	32. Llanos de Palacios	33. Los Maitenes
34. Los Sapos	35. Merceditas	36. Nantoco
37. Pan de Azúcar	38. Playa Negra	39. Pob_Rosario
40. Púquios	41. Quebrada a El Morado	42. Sarco
43. Tierra Amarilla	44. Totoral	45. Tuna
46. Viña del Cerro	47. Vizcachita	48. Canto del Agua 3
49. Agua Amarga	50. Ánimas	51. Aris
52. Astilla 2	53. Ruta C-438	54. Camarones

Tabla Nº 1. Listado de escoriales de cobre visitados en la Región de Atacama.

### 2. Cubicación de los depósitos abandonados.

Del total de escoriales estudiados, se puede sugerir que sólo 6 escoriales tienen el volumen necesario para ser explotados industrialmente para la obtención de áridos (arena, gravilla, grava), material que puede ser usados en morteros y hormigones de cemento.

Los escoriales con potencial son los siguientes:

Canto del Agua (son tres) con 91.000 m<sup>2</sup>, Nantoco con 19.000 m<sup>2</sup>, Púquios 4.700 m<sup>2</sup> y Caldera con 18.800 m<sup>2</sup>.

### 3. Caracterización de las escorias de cobre.

Algunas escorias fueron muestreadas y enviadas a laboratorio para su caracterización química y mineralógica, resultando principalmente estar compuesto por silicatos de hierro. Véase Anexo 1.

#### 4. Elaboración de base de datos de escoriales.

Se estableció un modelo de sistema de información que mediante un programa informático denominado *Slag Database Atacama, Chile*, gestiona una base de datos que contiene los antecedentes técnicos relevantes de los escoriales abandonados de la Región de Atacama. El ingreso de la información a esta base de datos, se realiza a través de un formulario de tablas y campos obligatorios y opcionales. La modificación del formulario permite su edición. La fortaleza del programa radica en el ordenamiento automático de la información de cada escorial para posteriores consultas que sirvan de orientación al momento de tomar las decisiones.

El programa diseñado por el Sr. Richard Arcos, alumno de Tecnología en Informática, trabaja con los Sistemas Operativos *Microsoft Windows 7™*. Para su creación se ha utilizado el software *Microsoft Visual Basic 2010 Express™*, de edición libre, en una interfaz de ventanas típico del S.O. *Windows™*. El programa se conecta a una base de datos local *Microsoft SQL Server Compact 3.5™*, en donde se almacenan datos de tipo numérico, alfanumérico y archivos de imagen. Todos los campos son validados antes de ingresar a la base de datos. Los datos de tipo texto y numérico son ingresados directamente; en cambio, los archivos de imágenes son transformados previamente en forma automática a un formato compatible.

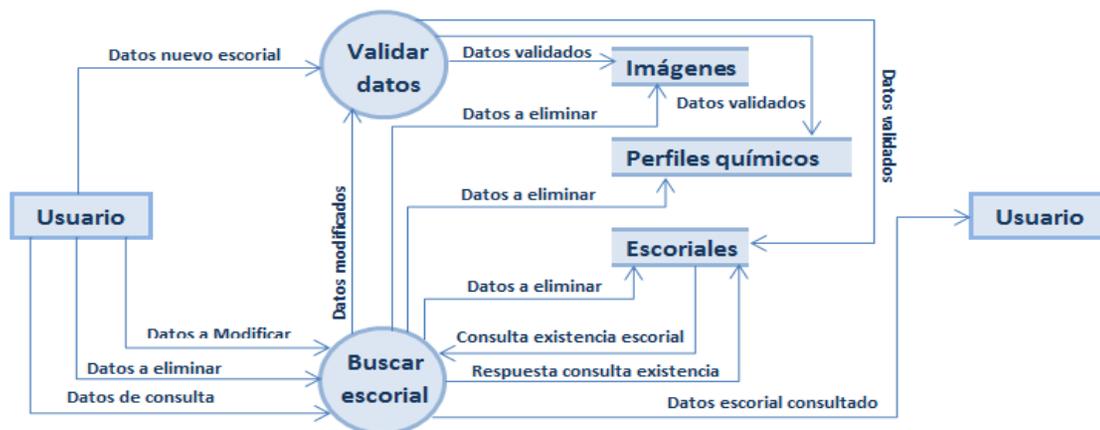


Figura Nº 1. Diagrama de flujo de la Base de Datos *Slag*.

El programa requiere que durante el proceso de instalación exista conexión a Internet, puesto que necesita descargar recursos de *Microsoft™* que deben ser instalados junto con el programa para su funcionamiento. Los recursos que se descargan son: *Microsoft .NET Framework 4 Client Profile™*, *SQL Server Compact 3.5 SP2™*, *Windows Installer 3.1™* y *Microsoft Visual Basic PowerPacks 10.0™*. Una vez instalado, el programa requerirá el uso de Internet sólo al momento de explorar un escorial a través del vínculo [www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org), página que mostrará la ubicación real de cada escorial seleccionado.

El programa realiza funciones de carácter administrativo y de consulta de base de datos. No realiza ningún análisis de datos, por lo que no genera una nueva instancia de información, sólo se pueden administrar y/o consultar datos ya ingresados previamente.

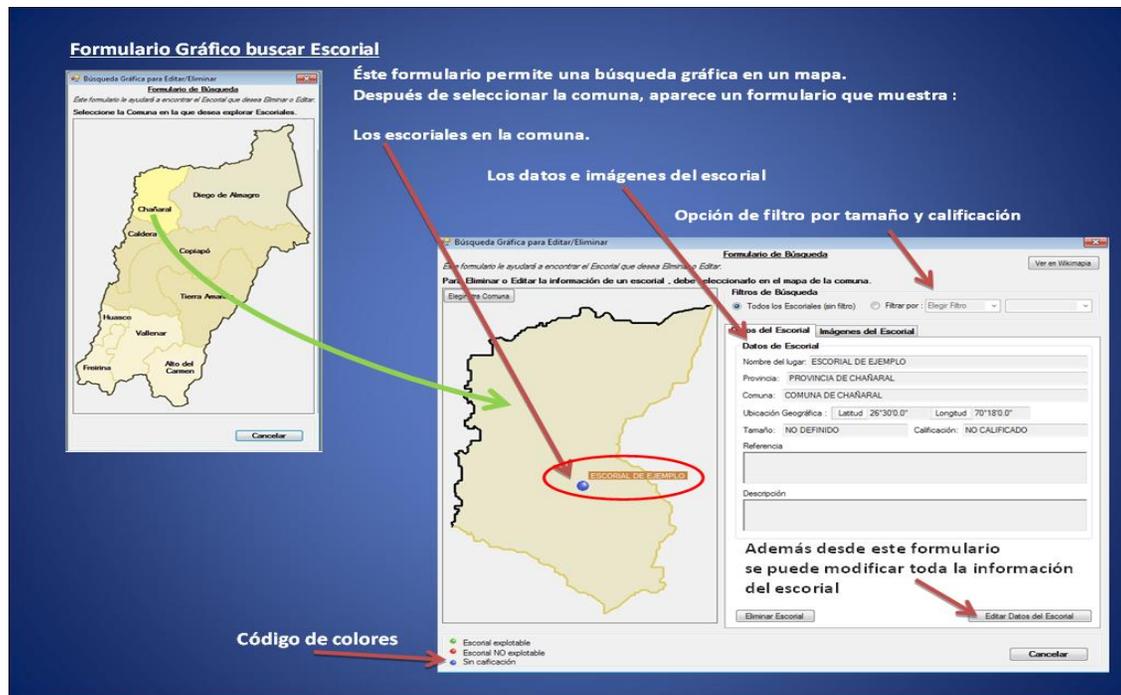


Figura N°2. Entrada y salida de información en el programa *Slag Database*.

## 5. Uso de la escorias de cobre en morteros y hormigones

Para la determinación de la viabilidad de uso de escorias de cobre en morteros y hormigones, se definió un plan de investigación en el laboratorio con el propósito de reemplazar, ya sea parcial y totalmente, a la arenas, gravilla y grava que habitualmente se obtienen en el río o de una planta chancadora de rocas.

Se elaboraron muestras de hormigón y mortero que fueron ensayadas a la compresión en laboratorios de resistencia de materiales.

Por otra parte, se elaboraron muestras de elementos prefabricados de baldosa, pastelones y adocretos conteniendo 100% de escoria en reemplazo de gravilla común. Estos materiales de construcción se ensayaron a la compresión y absorción en laboratorio. Véase fotografías n° 1 y 2.

Los resultados obtenidos son alentadores al conseguir resistencias a la compresión muy elevadas, siendo del orden de 60 Mpa (600 kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días de edad. Esto resultó válido tanto para hormigones, morteros y adocretos de escorias de cobre.



Fotografía N° 1. Muestras de escorias de diversa procedencia junto a morteros con superficies en bruto y pulida.



Fotografía N° 2. Adocretos y pastelón con gravilla de escoria.

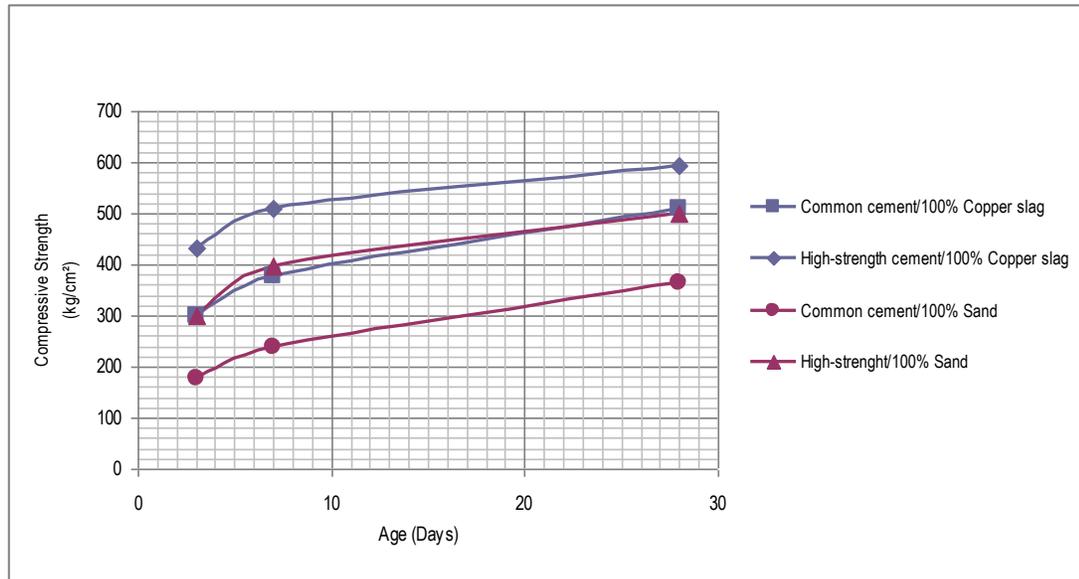


Figura Nº 3. Resistencia de morteros de cemento a diferentes edades.

## 6. Vinculación con la empresa.

Para llevar a efecto un proceso preliminar de aplicación de conceptos de innovación en el mercado de los materiales prefabricados para la construcción, se contactó a un fabricante de baldosas en la Región de Coquimbo, debido a que en la Tercera Región de Atacama no existe ninguna empresa que las produzca. También se contactó a una micro empresa productora de adocretos y pastelones de sector Paipote y a otra del sector El Palomar.

Estas empresas manifestaron interés en emplear escorias en sus productos, sin embargo se constató que no producirían baldosas por que no existe una demanda cierta por este tipo de pavimento en las dos regiones, principalmente por su precio de venta que está por sobre otros materiales.

## 7. Estudio de mercado para comercialización de baldosas

El objetivo general de este estudio, paralelo a la determinación del comportamiento mecánico de los prefabricados, fue:

Estudiar la factibilidad técnica-económica de un proyecto de construcción y puesta en marcha de una planta industrial productora de pavimentos de baldosas de escoria de cobre en la Región de Atacama, la cual considera reciclar el material de los diferentes escoriales abandonados existentes en la región.

El estudio fue desarrollado por dos alumnas de último año de la carrera Construcción Civil de la Universidad de Atacama y dirigido por un Ingeniero Comercial,



tema que será el Proyecto de Especialidad de las alumnas, requisito indispensable para su titulación.

Para establecer el Estudio de Mercado, fue necesario cuantificar la superficie de piso que se podrían cubrir con las baldosas de escoria de cobre, teniendo en cuenta la actual y futura demanda en el mercado regional y comunal de los proyectos de inversión tanto públicos como privados. De acuerdo a los datos obtenidos se puede concluir que en materia de recubrimiento, reparación o renovación de pisos en el sector Edificación, proyectos de Gobierno, sector minero y proyectos del área energética y de alto impacto, se estima una demanda promedio anual de 460.000 m<sup>2</sup> de baldosas para los próximos 10 años.

Del análisis y resultados de encuestas, se desprende que se contaría con una cantidad considerable de personas o clientes que estarían dispuestos a comprar este nuevo producto, los cuales se encontrarían concentrados en el grupo etáreo de 21 a 40 años. Incluye principalmente trabajadores dependientes que pertenecen a la clase socio económica C2 y C3, por lo tanto sensible al precio, propietarios de sus viviendas y de los cuales la mayoría nunca han renovado sus pisos. Ellos estarían dispuestos adquirir las baldosas de escoria de cobre, siempre y cuando el precio fluctuó entre los US\$ 8,42 a US\$ 12,63.

En cuanto a las industrias y empresas de inversiones de gran impacto en la región, se puede señalar que estas empresas especialmente del rubro minería, con cobertura nacional, correspondiente al segmento de mediana y gran empresa (ventas sobre US\$ 1.189.474), con una contratación superior a los 1.000 trabajadores, estarían muy interesadas en utilizar estas baldosas para sus futuras construcciones o proyectos que puedan concretar dentro del corto plazo, ya que consideran que reutilizar este pasivo ambiental como materia prima en la fabricación de este nuevo producto estarían reutilizando un desecho producido por esta misma actividad minera y metalúrgica.

La tasa de descuento que se aplicó, está sobre la tasa de interés bancaria, que por lo general oscila entre un 10 a 12%, por ende una tasa de descuento del 40% es muy exigente para un proyecto de esta envergadura.

## **8. Difusión.**

El desarrollo del proyecto ha permitido difundir los resultados obtenidos en diversas instancias de divulgación. La información ha sido mostrada a través de medios escritos: informativos Web de la Universidad de Atacama, prensa escrita regional, congresos nacionales e internacionales y en seminarios regional. Véase tabla nº 2.



Medio de difusión	Nombre artículo/exposición	Fuente
Congreso internacional	Caracterización de las escorias de cobre y los efectos medioambientales del depósito abandonado en sector Playa Negra, Región de Atacama, Chile	XXIV Congreso ENTMMME 2011, Salvador de Bahía, Brasil 15-19 octubre
Congreso Binacional	Diseño e implementación de una base de datos de escoriales abandonados de la Región de Atacama	12º Congreso Binacional de Metalurgia y Materiales, CONAMET-SAM, 22-26 de octubre de 2012, Valparaíso
Congreso Iberoamericano	Baldosas de escorias de cobre. Innovación en producción limpia.	3º Congreso de Ingeniería de Proyectos, Mar del Plata, Argentina, 29 y 30 de noviembre 2012.
Diario Atacama	Escoriales de fundición abandonados en Atacama	Edición fecha 11 febrero de 2011.
Web	Escoriales de cobre: ¿su futuro en la construcción?	El Que hay decierto. 5 junio 2011.
Web	Noticia sobre Asistencia a congreso en Brasil	CRIDESAT y UDA
Seminario Taller	Casos de éxito: "Uso de escorias de cobre de depósitos abandonados, como un nuevo material de construcción"	Innovación para el Desarrollo: Experiencias y desafíos para la Región de Atacama. GORE y CCIRA.
Seminario de cierre Uda	Uso de escorias de cobre de depósitos abandonados, como un nuevo material de construcción.	Web UDA y Web de medios escritos y de radio locales.
Publicación impresa	Escoriales de la Región de Atacama y su potencial uso como material de construcción.	Memoria del Proyecto. 200 impresiones.

Tabla Nº2. Actividades de difusión de resultados del proyecto FIC-ECO.

### C. Conclusiones

En la Región de Atacama se ha observado a través de este estudio, que existen 54 escoriales de cobre, de los cuales seis de ellos presentan un volumen suficiente para ser explotados comercialmente. Principalmente su uso se recomienda en el empleo de un material sustituto de la arena y ripio de hormigones y morteros. Los áridos son escasos debido a que no existe una renovación natural en los ríos, los que prácticamente no transportan agua por muchas décadas. Buenos resultados arrojaron



los estudios de resistencia de mezclas de mortero y hormigón. En elementos prefabricados se obtuvo resistencia a la compresión del orden de un H<sub>60</sub> (60 kg/cm<sup>2</sup>), mientras que en morteros se obtuvieron resistencias correspondientes a un H<sub>50</sub> y H<sub>60</sub>. Debido a esta notable resistencia, se puede recomendar su uso como un material alternativo a los áridos convencionales empleados en la construcción.

De acuerdo al estudio de mercado, se recomienda la construcción y puesta en marcha de una planta industrial productora de pavimentos de baldosas de escoria de cobre en la Región de Atacama, la cual considera reciclar el material de los diferentes escoriales abandonados existentes en la región.

Por otra parte, se elaboró un sistema de información denominado Slag Database Atacama, Chile, que a través de un programa informático gestiona una base de datos de escoriales de fundiciones de cobre y plata de la Región de Atacama, hasta ahora inexistente. Esta base de datos incluye identificación, localización geo-referenciada, tamaño, caracterización física y química de las escorias e imágenes de cada lugar encontrado que permitirá al usuario filtrar datos que requiera, sea para estudio, investigación, turismo o posibilidad de nuevos negocios. El Sistema Operativo sobre el que trabaja esta base de datos, es ampliamente usado a nivel de usuario, por lo que su manejo es amigable.

## **D. Líneas Futuras**

### **Material de Construcción**

Las escorias de cobre tienen un enorme potencial de uso en otras actividades de la construcción. Por ejemplo se puede citar su incorporación como material granular en caminos de asfalto, uso como reemplazo del cemento Pórtland y como abrasivo en estructuras de metal, entre otros.

### **Otras actividades de servicios.**

La historia minera de Atacama merece ser revivida mediante la narración de la actividad económica que permitió el desarrollo de nuestra región mediante el fomento del Turismo con fines especiales o el turismo minero-metalúrgico.



## Anexos

### Anexo 1. Resultados de análisis químico y mineralógico de algunas escorias



Antofagasta, Agosto 31 de 2012

Señor  
Amín Nazer V.  
Universidad de Atacama  
Copiapó

Certificado N°021-2012

#### ELEMENTOS MAYORES

Óxidos	Nazer-1	Nazer-2	Nazer-3	Nazer-4	Nazer-5	Nazer-6	Nazer-7	Nazer-8	Nazer-9	Nazer-10	Nazer-11	Nazer-12	Nazer-13	Nazer-14
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,96	13,12	14,38	3,06	15,87	13,18	68,06	15,11	18,86	15,35	19,44	14,26	8,71	10,32
FeO	28,22	34,28	28,5	4,82	22,16	23,13	nd	27,53	28,08	28,91	25,47	20,51	16,79	23,82
SiO <sub>2</sub>	37,57	30,99	32,22	39,52	41,44	33,13	1,22	34,42	26,86	34,05	35,22	43,58	39,74	48,36
CaO	10,25	8,88	7,93	32,74	5,24	15,35	6,03	8,37	6,19	6,76	7,04	10,98	9,05	3,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,94	3,69	7,40	10,15	4,69	6,46	0,30	5,43	7,38	5,33	4,15	4,53	13,99	5,39
MgO	1,53	1,58	2,18	1,16	1,19	1,37	2,07	1,27	1,25	1,23	0,97	0,55	1,24	1,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,83	1,47	0,79	0,37	1,10	0,47	0,04	1,42	0,23	1,46	1,29	0,08	0,25	1,05
SO <sub>3</sub>	0,90	0,39	0,28	0,42	1,41	0,52	2,22	0,57	2,75	0,63	0,28	0,99	0,33	0,44
CuO	0,56	0,82	1,16	0,33	2,53	0,62	0,02	0,86	2,88	1,04	1,35	0,38	1,75	1,34
K <sub>2</sub> O	0,36	0,37	0,57	2,20	0,83	1,17	0,20	0,78	1,14	0,76	0,61	0,88	2,38	0,94
Na <sub>2</sub> O	0,25	0,18	0,48	1,24	0,35	0,56	1,16	0,34	0,37	0,31	0,44	0,23	0,47	0,49
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,11	0,45	0,49	0,17	0,29	0,01	0,17	0,33	0,17	0,15	0,15	0,51	0,17
MnO	0,09	0,07	0,25	0,77	0,07	0,21	3,85	0,11	0,18	0,10	0,08	0,08	0,09	0,14
ppc	nd	nd	nd	nd	nd	nd	12,27	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
H <sub>2</sub> O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,63	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd



Antofagasta, Agosto 31 de 2012

Certificado N°021-2012

ELEMENTOS TRAZA

Elementos	Nazer-1	Nazer-2	Nazer-3	Nazer-4	Nazer-5	Nazer-6	Nazer-7	Nazer-8	Nazer-9	Nazer-10	Nazer-11	Nazer-12	Nazer-13	Nazer-14
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)									
W	320	611	240	110	330	nd	nd	480	360	480	485	1039	185	1265
Co	376	540	938	250	340	460	140	500	230	498	555	152	336	484
Ce	350	nd	nd	nd	380	nd	nd	450	nd	585	280	nd	nd	nd
La	240	nd	nd	nd	220	nd	nd	330	nd	225	nd	nd	nd	nd
Mo	207	306	39	20	140	210	nd	210	352	254	264	nd	951	215
Zn	188	200	216	5050	450	3840	nd	340	180	518	396	120	3150	352
V	176	117	160	200	100	130	nd	100	110	137	170	nd	nd	83
Y	103	96	48	nd	50	nd	nd	100	36	97	91	94	nd	36
Sr	91	68	118	2400	90	250	320	nd	75	139	143	895	123	110
Ni	88	123	77	90	110	nd	nd	80	114	120	115	nd	nd	nd
As	64	135	19	920	350	160	90	510	995	583	662	nd	4375	185
Zr	13	23	68	100	30	80	30	40	62	39	26	46	221	54
Cl	nd	230	215	370	2850	830	11200	3060	180	2740	2840	130	nd	1990
Cr	nd	29	80	90	nd	100	20	30	56	47	nd	49	43	55
Ba	nd	nd	230	2490	260	1650	nd	200	nd	911	nd	1165	590	1120
Ir	nd	nd	nd	780	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Rb	nd	nd	nd	90	20	30	nd	nd	47	35	nd	68	122	44
Pb	nd	nd	nd	7730	40	140	nd	nd	nd	31	nd	nd	1760	36
Sb	nd	nd	nd	nd	nd	580	nd	nd	490	nd	nd	nd	12350	nd
Bi	nd	nd	nd	145	nd									



Antofagasta, Agosto 31 de 2012

Certificado N°021-2012

ELEMENTOS MAYORES

Óxidos	Nazer-15	Nazer-16	Nazer-17	Nazer-18	Nazer-19	Nazer-20	Nazer-21	Nazer-22	Nazer-23	Nazer-24	Nazer-25	Nazer-26	Nazer-27
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,96	10,18	15,27	17,47	9,28	18,44	15,89	14,86	14,23	12,87	10,14	12,03	13,58
FeO	47,63	11,98	16,38	33,59	15,00	23,82	17,62	14,87	18,99	29,60	18,99	17,77	22,71
SiO <sub>2</sub>	23,68	34,19	35,53	26,87	40,31	35,94	48,22	41,62	35,00	39,39	49,60	45,50	38,58
CaO	2,94	29,34	18,91	5,25	21,58	6,52	5,28	8,12	17,05	4,32	7,18	9,11	7,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,58	7,67	6,77	7,02	7,48	5,77	4,76	8,99	6,69	4,62	5,84	6,60	6,57
MgO	0,54	1,75	1,69	1,18	1,10	1,55	1,34	0,60	1,41	1,30	1,64	0,77	1,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,21	0,27	0,25	0,31	0,95	1,19	0,21	0,49	0,75	0,86	0,39	0,70
SO <sub>3</sub>	1,81	0,32	0,23	1,40	0,24	0,61	0,71	1,40	0,40	1,14	0,24	0,40	0,53
CuO	1,20	0,63	1,19	1,14	0,59	1,57	1,35	2,76	0,77	1,40	1,27	1,92	1,83
K <sub>2</sub> O	0,53	0,69	0,51	0,93	0,79	0,52	0,48	1,40	1,21	0,32	0,54	1,38	1,01
Na <sub>2</sub> O	0,38	0,39	0,33	0,45	0,59	1,00	0,61	0,08	0,81	0,33	0,56	0,98	0,58
TiO <sub>2</sub>	0,20	0,31	0,27	0,29	0,31	0,18	0,18	0,30	0,27	0,14	0,23	0,23	0,23
MnO	0,05	0,46	0,30	0,14	0,42	0,05	0,36	0,22	0,17	0,05	0,12	0,13	0,30



Certificado N°021-2012

ELEMENTOS TRAZA

Elementos	Nazer-15	Nazer-16	Nazer-17	Nazer-18	Nazer-19	Nazer-20	Nazer-21	Nazer-22	Nazer-23	Nazer-24	Nazer-25	Nazer-26	Nazer-27
	(ppm)												
W	nd	255	180	470	195	nd	150						
Co	833	78	118	417	159	674	504	307	373	1210	821	398	1145
Ce	nd	nd	1100	nd	nd	250	180	nd	230	370	824	nd	nd
La	nd	nd	nd	nd	nd	310	280	nd	nd	nd	630	nd	nd
Mo	115	847	452	295	23	568	580	165	135	700	516	61	495
Zn	5390	2620	2360	125	752	62	70	20195	48	180	163	382	5280
V	nd	87	65	113	170	274	275	15	70	90	274	nd	75
Y	nd	19	21	20	48	99	91	nd	41	nd	67	35	nd
Sr	108	239	184	68	198	216	172	231	225	50	164	253	223
Ni	nd	nd	nd	nd	46	85	79	nd	nd	220	105	64	108
As	46	67	53	305	119	310	310	714	235	820	812	155	1048
Zr	104	63	41	60	53	41	35	83	72	30	51	69	57
Cl	150	113	150	1425	245	1430	865	859	960	690	1120	1039	1365
Cr	182	nd	46	49	36	48	90	120	107	70	104	150	100
Ba	2315	nd	nd	120	1225	nd	nd	505	1055	nd	270	4955	3580
Ir	nd												
Rb	nd	39	35	43	34	nd	nd	425	31	nd	31	51	34
Pb	159	225	291	nd	229	nd	nd	765	37	nd	nd	59	3580
Sb	nd	712											
Bi	nd	53	nd	nd	nd	nd	nd						

Nota:

Método Analítico: Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (FRX).

ppc = Pérdida por calcinación a 980°C durante 1 hr.

H<sub>2</sub>O = Humedad a 105°C durante 2 hrs.

nd= no detectado

Atentamente

Dr. Nelson Guerra S.  
Director Laboratorio Geoquímica Aplicada  
Depto. Ciencias Geológicas  
Universidad Católica del Norte  
Antofagasta-Chile  
Fono 56-55-355945

Anexo 2. Fotografías diferentes escoriales de la Región de Atacama



Agua Amarga



Camarones



Canto del Agua 1



Canto del Agua 2



**Carrizal Alto**



**Carrizal Bajo**



**Chañaral**



**El Escorial**



**Challe**



**Ánimas**



**Pan de Azúcar**



**Playa Negra**



**Púquios**



**Total**



**Carbones**



**Tunas**



Vizcachitas

Llano de Palacios



**La Brea**



**Aris**



**Escorial en Ruta C-438**



**Astillas**



**Astillas Bajo**



**Cerro Blanco 1**



**Cerro Blanco 2**



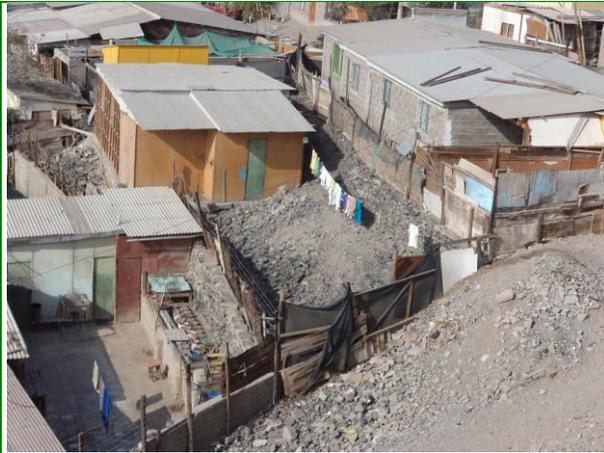
**Cerro Blanco 3**



**El Sauce**



**Higiario**



Población El Escorial, Copiapó



Sarco



### **Anexo 3. Informe Financiero**