



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

***Geología y plan de barrenación a diamante
para los proyectos El Tubo, La Cruz y
Acalpican, Distrito Minero Las Truchas,
Michoacán, México.***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO

P R E S E N T A

RAYMUNDO ARÉVALO GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

ING. ALFREDO VICTORIA MORALES



MÉXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
60-I-821

SR. RAYMUNDO ARÉVALO GARCÍA

Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Alfredo Victoria Morales y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

GEOLOGÍA Y PLAN DE BARRENACIÓN A DIAMANTE PARA LOS PROYECTOS EL TUBO, LA CRUZ Y ALCALPICAN, DISTRITO MINERO LAS TRUCHAS, MICHOACÁN, MÉXICO

	RESUMEN
I	INTRODUCCIÓN
II	GEOLOGÍA REGIONAL
III	GEOLOGÍA LOCAL
IV	YACIMIENTOS MINERALES
V	PROGRAMA DE BARRENACIÓN A DIAMANTE
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	REFERENCIAS CONSULTADAS
	APÉNDICE

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

CD. Universitaria, D. F. a 22 de Septiembre de 2010

El Presidente del Comité de Titulación de Ingeniería en Ciencias de la Tierra


DR. RICARDO JOSÉ PADILLA Y SÁNCHEZ

RJPYS*RHIL*srs



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN

Designación de sinodales de Examen Profesional

A los señores profesores:

Presidente	ING. MIGUEL ILDEFONSO VERA OCAMPO
Vocal	ING. ALFREDO VICTORIA MORALES
Secretario	M.I. JOSE ENRIQUE SANTOS JALLA
1o. suplente	ING. JESUS CASTRO MORA
2o. suplente	ING. EDUARDO GUERRERO LEYVA

Me permito informar a ustedes que han sido designados sinodales del Examen Profesional del señor AREVALO GARCIA RAYMUNDO registrado con número de cuenta 40206877-2 en la carrera de INGENIERÍA GEOLÓGICA quien ha concluido el desarrollo del tema que le fue autorizado.

Ruego a ustedes se sirvan revisar el trabajo adjunto y manifestar a esta Dirección, si es el caso, la aceptación del mismo.

Con el fin de asegurar el pronto cumplimiento de las disposiciones normativas correspondientes y de no afectar innecesariamente los tiempos de titulación, les ruego tomar en consideración que para lo anterior cuentan ustedes con un plazo máximo de **cinco días hábiles** contados a partir del momento en que ustedes **acusen recibo de esta notificación**. Si transcurrido este plazo el interesado no tuviera observaciones de su parte, se entendería que el trabajo ha sido aprobado, por lo que deberán **firmar el oficio de aceptación del trabajo escrito**.

Doy a ustedes las más cumplidas gracias por su atención y les reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 10 de Diciembre de 2010.
EL DIRECTOR

Mtro. José Gonzalo Guerrero Zepeda

Dedicatoria

*A mis padres y hermana, con todo
mi amor, respeto y admiración.*

AGRADECIMIENTOS

A mi Universidad Nacional Autónoma de México, mi “*alma mater*”, y en especial a la Facultad de Ingeniería, por haberme cobijado entre sus aulas y brindarme una carrera de la cual estoy profundamente agradecido.

A mi papá, por ser mi mejor amigo en todo momento, porque siempre estarás conmigo y por darme una educación maravillosa. A mi mamá por el simple hecho de haberme concebido y traerme al mundo, por tus cuidados, consejos y claro también por los regaños que se que fueron para bien. A mi hermana, por el simple hecho de serlo y por brindarme todo tu apoyo sin dudarlo. A los tres por haberme alentado siempre a seguir adelante, por sus apapachos cuando más los necesitaba, por los desvelos, las lágrimas, las risas, y por el simple hecho de que son mi familia la convierte en la más hermosa, los amo.

A la familia Ayala García, en especial a mi carnal Beto, por estar siempre conmigo cuando lo necesité y por el apoyo que me brindaron durante mis estudios en la facultad, y porque aún me lo siguen dando, de corazón gracias.

A mi carnal Cristian (*trenks*) por lo que hemos vivido desde la secundaria hasta ahora, creo que hemos pasado por experiencias muy buenas, por apoyarme en todo momento y darme consejos cuando te los llegaba a pedir. Todavía tenemos viajes y lugares que conocer, aunque ahora nos falte tiempo para eso, pero sé que algún día los haremos, gracias carnal.

A mis amigos: Karla, Ana Gurrola, Ana Linares, Héctor (*tor*), Julio César, Berenice (*ñioña*), Vanesa (*vane*), David (*dave*), Javier Grajeda (*dexedes*), por seguir siendo parte de mi vida, aún en la distancia y por darme un poco de su tiempo, por las buenas charlas, las reuniones y por las excelentes tocadas, gracias chicos.

A mis amigos de carrera: Carolina (*caro*), Abigail (*abi*), Mariana (*ma*), Almita (*delia*), Carlos (*choco*), Ricardo (*pare*), Jesús (*shiru*), Jorge Cheran, Luis (*heman*), Víctor (*caracas*), gracias por los buenos momentos que tuvimos en la escuela, en las prácticas de campo, las noche de estudio en casa de abi jaja, por la ayuda que me dieron dentro y fuera de la facultad y por escucharme en todo momento, los quiero, y sé que cada uno de ustedes estando en diferentes proyectos estarán siempre conmigo, apenas estamos iniciando y les deseo el mejor de los éxitos.

Y quiero agradecer en especial a *caro*, por toda la ayuda que me diste para realizar todos mis trámites que se necesitaron para poder realizar mi examen profesional, muchas, muchas gracias carito!!!

Al Departamento de Geología y Exploración de ArcelorMittal Las Truchas México, en especial a los Ingenieros Héctor Vega Uresti (Gerente de Geología), Mario Llano Zamora (Jefe de Proyecto) por darme la oportunidad de formar parte del grupo de trabajo, por confiar en mí y darme el apoyo para ser participe en los proyectos a trabajar. Por los consejos, sugerencias y por facilitarme en todo momento la información que necesité para la realización de este trabajo de tesis, muchas gracias.

A mis sinodales: Ing. Miguel I. Vera Ocampo, Ing. Jesús Castro Mora, Ing. José E. Santos Jallath, Ing. Eduardo Guerrero Leyva, por haber aceptado ser parte de mi jurado, por la revisión, y por sus magníficas sugerencias para mi trabajo final. En especial al Ing. Alfredo Victoria Morales por no solamente ser mi director de tesis sino por brindarme su amistad y ayudarme en lo que tuviera a su alcance para realizar éste trabajo, gracias.

A todas las grandiosas y bellas personas que vivieron y compartieron momentos de su vida conmigo, y que son muy importantes para mí. A todas aquellas personas que conocí, conozco y conoceré, que sin dudar lo han dejado y dejarán huella en mi, gracias.

CONTENIDO

Resumen	5
I.- INTRODUCCIÓN	7
I.1.- Objetivo	14
I.2.- Localización y vías de acceso	14
I.3.- Clima	16
I.4.- Método de trabajo	16
I.5.- Antecedentes	17
II.- GEOLOGÍA REGIONAL	19
II.1.- Fisiografía	19
II.2.- Marco tectónico	22
II.3.- Estratigrafía	23
II.3.1.- PRECRETÁCICO	23
II.3.1.1.- Complejo Arteaga	23
II.3.2.- CRETÁCICO	24
II.3.2.1.- Formación Tecalitlán	24
II.3.2.2.- Formación Tepalcatepec	24
II.3.3.- CRETÁCICO INFERIOR - CRETÁCICO SUPERIOR	25
II.3.3.1.- Rocas intrusivas	25
II.3.3.2.- Batolito Michoacán-Guerrero	25
II.3.3.3.- Intrusivo Arteaga	25
II.3.3.4.- Intrusivo La Mira	26
II.3.3.5.- Intrusivo San José de Chila	26
II.3.3.6.- Intrusivo Los Pozos	26
II.3.3.7.- Intrusivo Aquila	27
II.3.4.- DEPÓSITOS HOLOCÉNICOS	27
II.3.4.1.- Arenisca – Conglomerado polimíctico	27
II.3.4.2.- Depósitos palustres	27
II.3.4.3.- Aluvión	28
II.3.4.4.- Depósito litoral y palustre	28
II.4.- Geología estructural	30
III.- GEOLOGÍA LOCAL	33
III.1.- Rocas Sedimentarias	33
III.2.- Rocas Volcánicas	33
III.3.- Rocas Intrusivas	34
III.4.- Rocas Hipabisales	35
III.5.- Rocas Metamórficas	38

IV.- YACIMIENTOS MINERALES	41
IV.1.- Geología	41
IV.2.- Geofísica	44
IV.2.1.- Magnetometría aérea	44
IV.2.2.- Magnetometría terrestre	44
IV.3.- Relaciones estructurales	47
IV.4.- Mineralización	49
IV.5.- Mineralogía	56
IV.6.- Génesis	56
V.- PROGRAMA DE BARRENACIÓN A DIAMANTE	59
V.1.- Objetivo	59
V.2.- Estrategia	59
V.3.- Clasificación de recursos y reservas	60
V.4.- Programa	64
V.4.1.- Programa El Tubo	66
V.4.2.- Programa La Cruz	70
V.4.3.- Programa Acalpican	73
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS CONSULTADAS	81
APÉNDICE	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1 Producción de acero mundial vs china.	8
Figura 1.2 Producción de acero en Latinoamérica.	10
Figura 1.3 Producción nacional de acero.	10
Figura 1.4 Distribución de reservas de mineral de hierro en el mundo.	12
Figura 1.5 Distribución de reservas de mineral de hierro concesionado por empresas en México.	12
Figura 1.6 Plano de ubicación distrito minero Las Truchas.	15
Figura 2.1 Mapa de regiones fisiográficas.	20
Figura 2.2 Mapa de provincias metalogenéticas.	21
Figura 2.3 Columna estratigráfica Lázaro Cárdenas, Michoacán.	29
Figura 2.4 Interpretación de la imagen de satélite.	30
Figura 2.5 Mapa de lineamientos estructurales interpretados de las imágenes a escala 1:250,000	31
Figura 3.1 Plano geológico, distrito minero Las Truchas.	37
Figura 3.2 Columna estratigráfica, distrito minero Las Truchas.	40
Figura 4.1 Plano geológico de Acalpican, El Tubo y La Cruz.	43
Figura 4.2 Plano residual del campo magnético total reducido al polo, área Las Truchas, Lázaro Cárdenas Michoacán, realizado por el SGM en Abril de 2008, altura del levantamiento 120 m.	46
Figura. 4.3. Plano de interpretación litológica-estructural a partir de datos aeromagnéticos, estudio realizado por el SGM, 2008.	47
Figura 4.4. Planos magnetométricos terrestres de Acalpican, El Tubo y La Cruz, donde se observa con una línea el rumbo preferencial de la mineralización.	48
Figura 4.5 Plano topográfico del distrito minero Las Truchas, donde se observan las dos tendencias de la mineralización, la porción norte con una dirección NW-SE y la porción sur con una dirección casi E-W.	49
Figura 5.1 Relación general entre resultados de exploración, recursos minerales y reservas de mena.	62
Figura 5.2 Plano magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase, proyecto El Tubo.	68
Figura 5.3 Plano geológico-magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase, proyecto El Tubo.	69
Figura 5.4 Plano magnetométrico terrestre con la ubicación de barreno, primera fase, proyecto La Cruz.	71
Figura 5.5 Plano geológico-magnetométrico terrestre con la ubicación de barreno, primera fase, proyecto La Cruz.	72
Figura 5.6 Plano magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase proyecto Acalpican.	75

Figura 5.7 Plano geológico-magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase proyecto Acalpican.	76
Fotografía IV.A. Frente de mineral, mina El Mango, donde se observa el contacto entre un dique de composición aplítica color blanco y el mineral magnetita de color gris oscuro con textura masiva y compacta, el contacto entre ellos es nítido y el bloque del mineral se encuentra bien definido.	50
Fotografía IV.B. Detalle del cuerpo de mineral (de color gris oscuro) en el que se aprecia el contacto nítido con la roca encajonante (<i>hornfels</i>).	50
Fotografía IV.C. Brecha mineralizada, donde se observan los fragmentos de <i>skarn</i> cementados en mineral de hierro. Se observan pequeños cristales octaédricos de magnetita en color negro.	51
Fotografía IV.D. Brecha mineralizada, en donde se observan la alineación de los clastos de <i>hornfels</i> cementados en mineral de hierro.	51
Fotografía IV.E. Panorámica hacia el NE del proyecto El Tubo, se observa el mineral diseminado (color negro) en <i>skarn</i> de granate, el cual presenta un color pardo.	53
Fotografía IV.F. <i>Skarn</i> de granate mineralizado donde se observa la textura de <i>islas y mares</i> que presenta un color pardo.	53
Fotografía IV.G. Brecha mineralizada, donde se observan los fragmentos de <i>skarn</i> cementados en mineral de hierro. Se observan pequeños cristales octaédricos de magnetita en color negro.	54
Fotografía IV.H. Brecha mineralizada, en donde se observan la alineación de los clastos de <i>hornfels</i> cementados en mineral de hierro.	54
Fotografía IV.I. Zona de <i>stockwork</i> con el <i>skarn</i> donde se observan vetillas de magnetita.	55
Fotografía IV.J. Muestra de núcleo de barreno, tomada del barreno no. 54 del yacimiento El Tubo, con una profundidad de 420 m, se observa como la magnetita se encuentra reemplazando a la actinolita, ya que la magnetita está adquiriendo la textura radial de la actinolita.	55
Tabla 1.1 Mayores productores de acero a nivel mundial.	9
Tabla 1.2 Producción nacional de acero por empresa.	11
Tabla 3.1 Composición mineralógica de una roca granodiorita.	35
Tabla 5.1 Programa de barrenos para los proyectos Acalpican, El Tubo y La Cruz.	64
Tabla 5.2 Incremento de recursos inferidos.	65
Tabla 5.3 Programa de barrenación a diamante primera fase proyecto El Tubo.	66
Tabla 5.4 Programa de barrenación a diamante segunda fase proyecto El Tubo.	67
Tabla 5.5 Programa de barrenación a diamante primera fase proyecto La Cruz.	70
Tabla 5.6 Programa de barrenación a diamante primera fase proyecto Acalpican.	73
Tabla 5.7 Programa de barrenación a diamante segunda fase proyecto Acalpican.	74

Geología y plan de barrenación a diamante para los proyectos El Tubo, La Cruz y Acalpican, distrito minero Las Truchas, Michoacán, México.

RESUMEN

En México, los depósitos de fierro se distribuyen en 2 cinturones mineralizados principales: (1) el cinturón de Fe del NE de México, de supuesta edad terciaria, que comprende los depósitos de La Perla, Chihuahua (Van Allen, 1978), Cerro de Mercado, Durango (Lyons, 1988), y Hércules, Coahuila (Velasco-Hernández, 1964), y (2) el cinturón de Fe del SW de México, paralelo al margen Pacífico, que incluye los depósitos de El Encino, Jalisco, Cerro Náhuatl y Peña Colorada, Colima, Aquila y Las Truchas, Michoacán, siendo este último de interés para este trabajo de tesis.

Los yacimientos del distrito minero Las Truchas actualmente están en explotación para beneficio exclusivo de fierro, por parte de la empresa “*ArcelorMittal*”; la cual presenta recursos de mineral medidos por 118 millones de toneladas, y reservas minables (reservas de mena probadas, JORC, 2004) por 93.2 millones de toneladas, con una ley media de Fe magnético de 30.34 % y Fe total de 41.99 %, (ArcelorMittal, 2009).

El distrito minero Las Truchas se localiza en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Partiendo de la planta siderúrgica “*ArcelorMittal*” se utiliza la carretera federal No. 200 (Zihuatanejo – Manzanillo) y después de un trayecto de 17 km se llega al poblado de La Mira, Michoacán, después se continua por la carretera federal No. 37 con rumbo a Uruapan, Michoacán, a 1 km se encuentra la desviación que conduce a las oficinas principales del distrito minero Las Truchas. El distrito se encuentra entre las coordenadas geográficas 18°00’36” - 18°04’12” N y 102°20’12” - 102°25’12” W, con una altitud entre los 30 y 260 m.s.n.m.

El distrito queda comprendido dentro del terreno Guerrero (Campa-Uranga, M.F., y Coney P.J., 1983), particularmente en el subterreno Zihuatanejo, el cual tiene una cubierta cenozoica que representa a la Sierra Madre del Sur y una cubierta holocénica relacionada al Eje Neovolcánico.

El complejo Arteaga ha sido propuesto como basamento del terreno Guerrero (Centeno-García, 1994), el cual consta de varias unidades; la más antigua es la unidad compuesta por gneis y esquisto de posible edad Triásico Inferior; sobreyacendo de manera concordante aflora la Formación Jaltomate también de edad Triásico Inferior, sobreyacendo en ocasiones interdigitada, se presenta la Formación Varales de edad Triásico Medio–Jurásico Inferior.

Estas unidades están intrusionadas por el Granito Tumbiscatío que consiste de metadiorita, metatonalita y metagranitos. A finales del Cretácico y principios del Terciario se emplazaron cuerpos plutónicos de composición granítica, granodiorítica-diorítica con facies de monzonitas y tonalitas, que constituyen el batolito de Michoacán.

La mineralización del Distrito está asociada a la gran actividad magmática principalmente del Terciario (Ostroumov y Corona–Chávez, 1999), sin embargo, de acuerdo a Garduño-Monroy *et al.* (1999), el periodo mineralizante principalmente para fierro, se restringe a 58–43 Ma. La mineralización está encajonada en andesitas, calizas, *hornfels* y *skarn* de granate, los cuerpos de mineral de fierro se presentan en dos tendencias de mineralización principales: el primero con una dirección NW–SE, en la cual se encuentran las minas El Volcán, El Mango y Santa Clara; el segundo con una dirección NE–SW el cual comprende el antiguo yacimiento de Ferrotepec, y los proyectos: Tazas, Habillales, Venado–Valverde, Acalpican, El Tubo y La Cruz.

Con base en la recopilación y en el análisis de la información existente del área de estudio -imágenes de satélite, planos aeromagnetométricos y magnetométricos terrestres, secciones y planos geológicos- así como al trabajo realizado en campo se elaboró un programa de barrenación a diamante el cual consta de dos fases -la primera con un total de 68 barrenos para complementar un total de 21,760 m, la segunda con un total de 35 barrenos para un total de 18,841 m, distribuidos en los proyectos de El Tubo, La Cruz y Acalpican- esto con la finalidad de incrementar las reservas de mineral de fierro, la vida útil de la mina, así como la de su planta de beneficio, esto para poder atender la demanda de productos terminados de acero, largos (varilla) y planos (planchón) de “ArcelorMittal”.

I.- INTRODUCCIÓN

El fierro (5.6%) después del silicio (28%) y el aluminio (8.2%) es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre (Dott y Lyman, 1988). El fierro ha sido un metal muy importante para el desarrollo de muchas civilizaciones, actualmente además de ser materia prima para la fabricación de acero, se emplea en pigmentos, cemento, refractarios básicos, en la fundición de los metales no ferrosos y como un constituyente en algunos agentes catalíticos, (Bateman, 1982).

El acero, que es el producto principal que se obtiene a partir del fierro, empezó a emplearse comúnmente en el siglo XIV. Se producía en alto horno, para entonces Gran Bretaña con sus recursos de fierro y hulla se convierte en la primera y más importante nación industrial moderna (Bateman, 1982).

Se sabe que las mayores concentraciones de Fe se encuentran en minerales como la magnetita con el 72.4 % del total de su composición, aunque también se consideran como minerales de mena la hematita, siderita y en menor proporción limonita (Rose, 1979).

En concentraciones económicas, se encuentra en una gran variedad de depósitos: en forma de diferentes cuerpos intrusivos (cuerpos tabulares, vetillas y brechas mineralizadas) y extrusivos (derrames de lava), vetas, cuerpos de reemplazo principalmente en calizas, y en depósitos estratiformes, los cuales se relacionan con procesos magmáticos, metasomáticos y sedimentarios.

Actualmente, los yacimientos más grandes del mundo que se conocen en orden, de mayores a menores en reservas son: los que se hospedan en rocas de edad precámbrica, como son los depósitos de fierro sedimentario (BIF) en el Lago Superior, en Estados Unidos y Canadá, los de Itabira en Brasil; los de origen magmático, en Kirunavaana Suecia; o en yacimientos asociados a brechas hidrotermales complejas, como el de Olympic Dam, en Australia. Otro depósito sedimentario son los depósitos de fierro oolítico. Estos alcanzan volúmenes considerables y están constituidos por acumulaciones de hematita con textura oolítica a pisolítica (Corona-Esquivel, 2004).

La producción mundial de fierro se ha ido incrementando en los últimos años. En el 2007 se registró una producción mundial de 1,900 millones de toneladas y en el 2008 una producción de arriba de 2,000 millones de toneladas, (CAMIMEX, 2008).

2009 fue un año complejo, la producción mundial de acero cayó en un nivel que no se había observado al menos en las últimas 2 décadas, y no sólo eso, sino que representó una caída por segundo año consecutivo.

La producción mundial de acero cayó por segunda ocasión consecutiva en el 2009, en un nivel de -8% con respecto al 2008, previamente en el 2008 había caído a -1.4% con respecto al 2007.

Antes del año 2008, la producción de acero mundial no había registrado una caída desde 1998, cuando llegó a -2.7% en aquel entonces.

En el 2009, China produjo el 47 % de la producción mundial con 567 millones de toneladas y un incremento anual excepcional de 13.5 %. 2008 y 2009 fueron los años en que China siguió un rumbo distinto al resto del mundo, ya que mientras la producción de acero de la mayoría de los países descendió en esos años, la producción del país asiático registró crecimientos anuales, como se aprecia en la figura 1.1, (CAMIMEX, 2010).

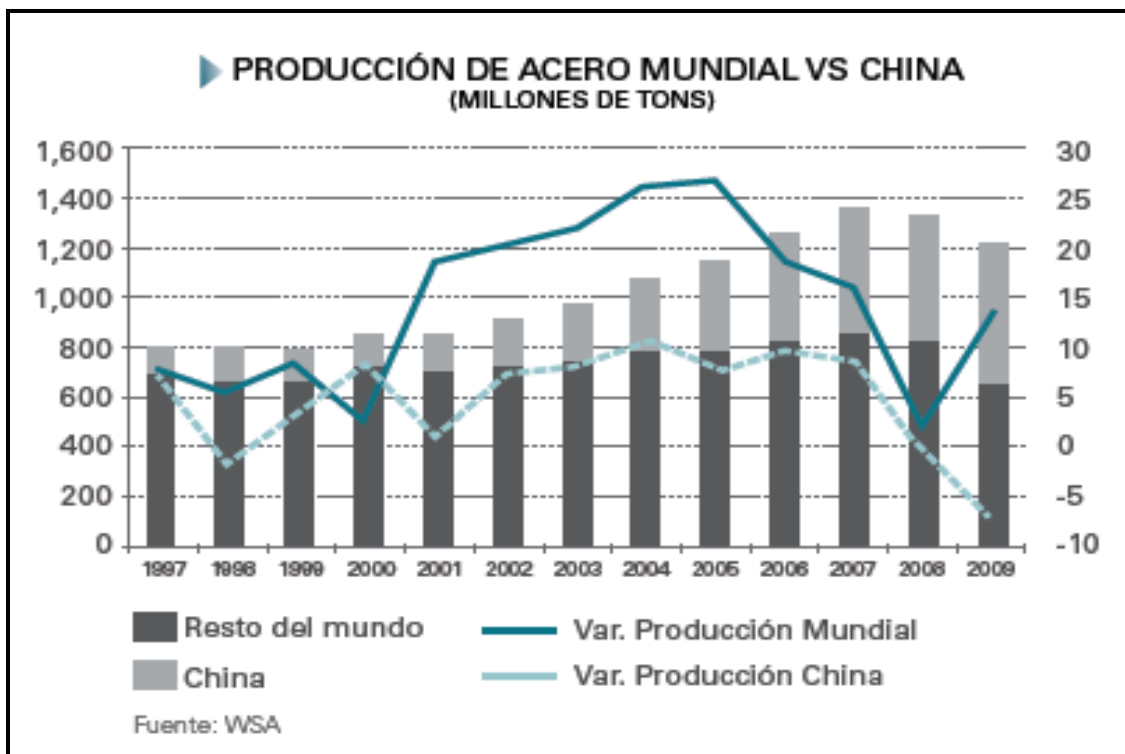


FIGURA 1.1 Producción de acero Mundial vs China.

Desde 1993 EUA había permanecido como el tercer productor más grande del mundo, en 2008 registró 91 millones de toneladas, mientras que en 2009 cayó estrepitosamente a un nivel de 59 millones de toneladas. China, India e Irán fueron los únicos países que registraron alza en su producción en el 2009, dentro de los primeros 20 productores.

México gana una posición en el 2009 con 15.2 millones de toneladas, para ocupar el sitio 14 de los mayores productores, después de haber estado por varios años en el sitio 15, como se observa en la tabla 1.1 (CAMIMEX, 2010).

MAYORES PRODUCTORES DE ACERO EN EL MUNDO
(MILLONES DE TONELADAS)

Países	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Var % 09 / 08
China	567.8	500.3	489.3	419.1	352.2	282.9	13.5
Japón	87.5	118.7	120.2	116.2	112.5	112.7	-26.3
Rusia	59.9	68.5	72.4	70.8	66.1	65.5	-12.5
EUA	58.1	91.4	98.1	98.6	94.9	99.7	-36.4
India	56.6	55.1	53.1	49.5	45.8	32.6	2.7
Corea del Sur	48.6	53.6	51.5	48.5	47.8	47.5	-9.4
Alemania	32.7	45.8	48.6	47.2	44.5	46.4	-28.7
Ucrania	29.8	37.3	42.8	40.9	38.6	38.7	-20.2
Brasil	26.5	33.7	33.8	30.9	31.6	32.9	-21.4
Turquía	25.3	26.8	25.8	23.3	21	20.5	-5.6
Italia	19.7	30.6	31.6	31.6	29.3	28.6	-35.5
Taiwán	15.7	19.9	20.9	20	18.9	19.6	-20.8
España	14.3	18.6	19	18.4	17.8	17.6	-23.3
México	14.2	17.2	17.6	16.4	16.2	16.7	-17.7
Francia	12.8	17.9	19.2	19.9	19.5	20.8	-28.2
Irán	10.9	10	10.1	9.8	9.4	8.7	9.1
Reino Unido	10.1	13.5	14.3	13.9	13.2	13.8	-25.4
Canadá	9	14.8	15.6	15.5	15.3	16.3	-39.6
Sudáfrica	7.5	8.3	9.1	9.7	9.5	9.5	-9.5
Polonia	7.2	9.7	10.6	10	8.3	10.6	-25.9
Resto	105.80	135.3	142.4	136.8	130.6	130.3	-21.8
Total	1,219.70	1,326.50	1,345.80	1,247.30	1,144.10	1,071.50	-8.00

Fuente: WSA, año 2009

TABLA 1.1 Mayores productores de acero a nivel mundial.

La producción de acero en Latinoamérica en el 2009 cayó 20%, al pasar de 65.5 millones de toneladas en el 2008 a 52.7 millones de toneladas en el 2009. Los 12 millones de toneladas perdidas en el último año obedecen principalmente al fuerte descenso en la producción en Brasil, el cual perdió casi 7 millones de toneladas en el 2009, seguido de México que dejó de producir 3 millones de toneladas en el mismo año, como se puede observar en la figura 1.2 (CAMIMEX, 2010).

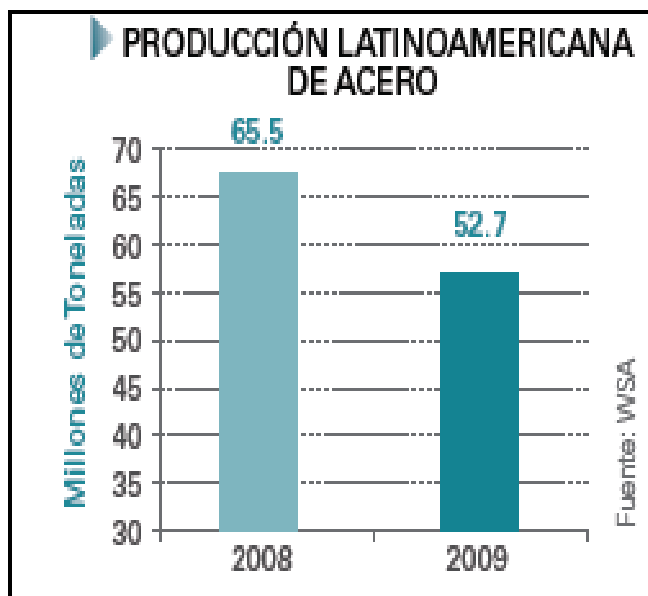


FIGURA 1.2 Producción de acero en Latinoamérica.

De enero a septiembre del 2009 la producción de acero en México cayó 42%, sin embargo, la actuación de la industria en el último trimestre evitó que la producción acumulada al cierre del año descendiera estrepitosamente, como se observa en la figura 1.3 (CAMIMEX, 2010).

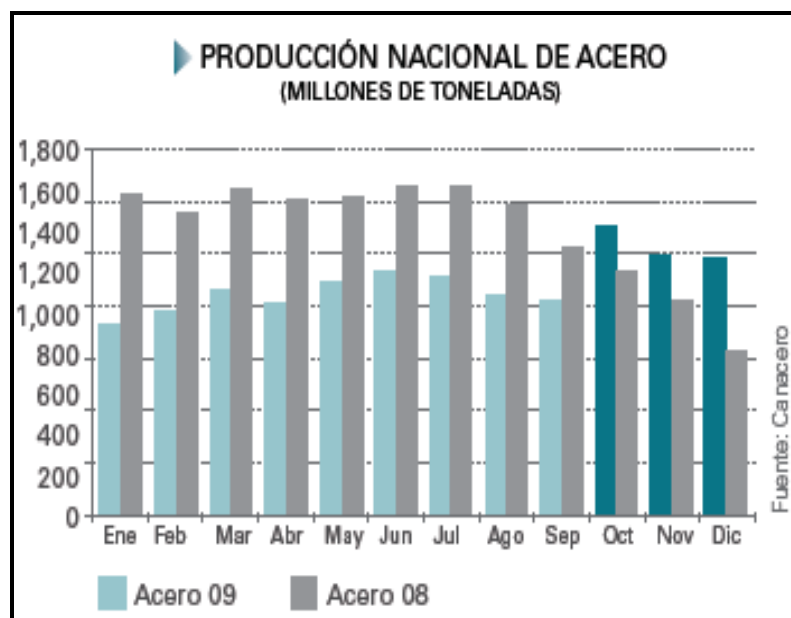


FIGURA 1.3 Producción nacional de acero.

Con base en cifras preliminares, en el 2009 se produjo un nuevo orden en los mayores fabricantes de acero, Ternium fue la única empresa mexicana que registró por 2.1%. No sólo logró eso, ocupó el primer lugar como fabricante de acero en el año, mientras que “ArcelorMittal” afectada por 1 mes de huelga, cayó del primer sitio en 2008 a la posición tercera en el 2009, AHMSA fue la segunda empresa que produjo más durante el año, misma que también rebasó la producción de “ArcelorMittal”, como se observa en la tabla 1.2 (CAMIMEX, 2010).

**PRODUCCIÓN NACIONAL DE ACERO POR EMPRESA.
(MILES DE TONELADAS)**

Acería	2009*	2008	2007	2006	Var % 09 / 08
ArcelorMittal	2,867	4,987	5,192	4,784	-42.5
AHMSA	2,990	3,667	3,541	3,366	-18.5
Ternium	3,038	2,975	3,212	3,222	2.1
Deacero	2,038	2,089	2,126	1,568	-2.4
Tamsa	701	825	810	943	-15.0
Otras	2,323	2,666	2,692	2,564	-12.9
Total	13,957	17,209	17,573	16,447	-18.9

Fuente: Canacero
*preliminares

TABLA 1.2 Producción nacional de acero por empresa.

En cuanto a las reservas mundiales de mineral de hierro en el 2009, éstas se han mantenido distribuidas casi de la misma manera como en el 2008.

Ucrania es el país que cuenta con las mayores reservas internacionales, con el 19% de participación, seguido de Rusia con el 16% y China con 14%.

México sólo cuenta con 0.4% de participación de las reservas de este commodity (mercancía y/o materias primas), obsérvese la figura 1.4 (CAMIMEX, 2010).

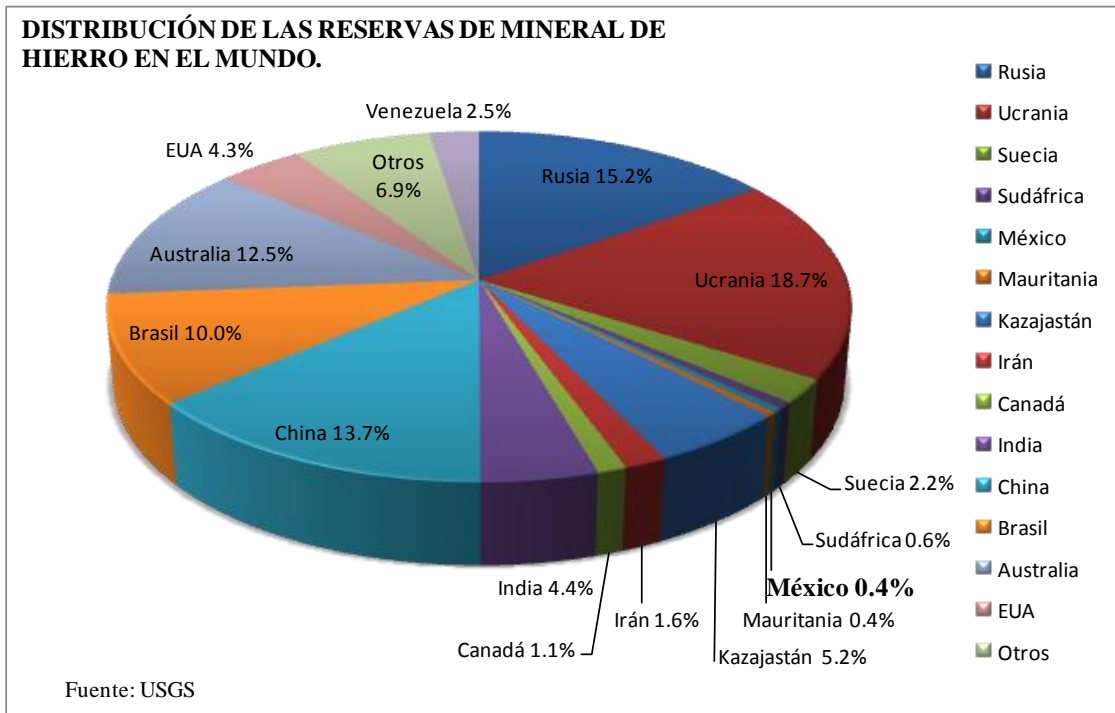


FIGURA 1.4 Distribución de reservas de mineral de hierro en el mundo.

Grupo Acerero del Norte (GAN) cuenta con el 42.3% de las reservas de mineral de hierro en México, “ArcelorMittal” con 24.3 %, Peña Colorada con 18.8 %, y Ternium con 14.7 %, como se observa en la figura 1.5. A pesar de haber sido un año complicado, las reservas de mineral en México aumentaron en casi 13% durante 2009, (CAMIMEX, 2010).

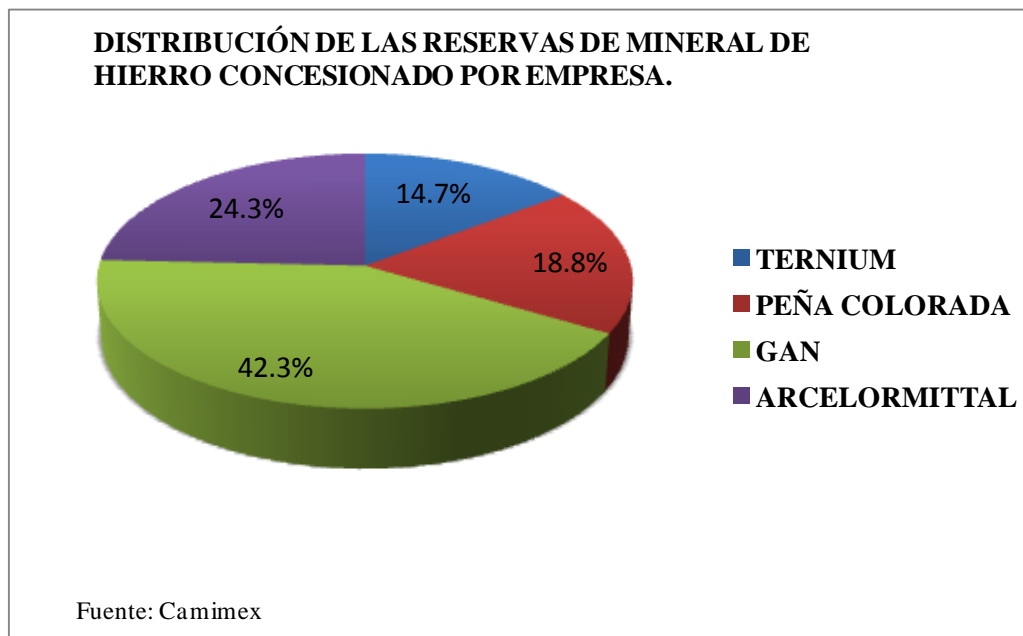


FIGURA 1.5 Distribución de reservas de mineral de hierro concesionado por empresa en México.

Con la finalidad de incrementar la capacidad productiva de la planta siderúrgica de “*ArcelorMittal*”, el departamento de geología y exploración elaboró un programa integral de exploración y barrenación a diamante a nivel local con el fin de incrementar reservas minables (reservas probadas de mena, JORC, 2004), dando continuidad a los resultados de la prospección efectuada por el COREMI (1974), IMP (1981-1985), SIDERMEX (1989-1992), SICARTSA (1991 y 2002) y SERMMOSA (1995) quienes concluyeron en sus informes la evaluación detallada de los proyectos dentro del distrito minero Las Truchas.

Es por ello que en el año 2010 “*ArcelorMittal*” está invirtiendo una cantidad de 16 millones de dólares en mejoras, exploración y desarrollo minero (CAMIMEX, 2010).

I.1.- OBJETIVO

Conocer las características estructurales y mineralógicas de los cuerpos de mineral, así como el ambiente geológico en el que se formaron, con lo cual se obtendrán parámetros guía para la exploración de nuevas áreas.

Elaboración de un plan de barrenación a diamante para los proyectos El Tubo, La Cruz y Acalpican, el cual consta de 103 barrenos a diamante, con un total de 40,601 m, y con un plazo de ejecución de 6 meses, esto, con el fin de incrementar los recursos de mineral inferidos y medidos, para garantizar las operaciones de “*ArcelorMittal*” a largo plazo y así atender la demanda de acero que requiere la industria siderúrgica.

I.2.- LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

El distrito minero Las Truchas se encuentra localizado en el municipio de Lázaro Cárdenas; Michoacán a 2 km al NW del poblado de La Mira, comprendido dentro de las coordenadas geográficas:

18°00'36"-18°04'12" latitud Norte

102°20'12"-102° 25' 12" longitud Oeste.

El distrito minero Las Truchas se localiza en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Partiendo de la planta siderúrgica “*ArcelorMittal*” se utiliza la carretera federal No. 200 (Zihuatanejo – Manzanillo) y después de un trayecto de 17 km se llega al poblado de La Mira, Michoacán, después se continua por la carretera federal No. 37 con rumbo a Uruapan, Michoacán, a 1 km se encuentra la desviación que conduce a las oficinas principales de “*ArcelorMittal*” división minas, obsérvese figura 1.6.

I.3.- CLIMA

El clima de esta región es muy similar al de toda la franja costera de los estados de Guerrero y Oaxaca, esto es, corresponde al clima tropical lluvioso, con una temporada bien definida de lluvias y un invierno y primavera secos. Las lluvias comienzan regularmente a mediados de junio y se extienden hasta los meses de septiembre u octubre.

En cuanto a temperatura se refiere, la temperatura media mensual varía muy poco teniendo una oscilación menor de 5° C. El promedio anual de la temperatura máxima es de 38° C. La zona presenta temperaturas promedio anual de 26.9° C tanto en enero como en mayo.

La temperatura mínima promedio en enero es de 27° C y en mayo de 30° C, las temperaturas máximas extremas oscilan entre 36° C y 39° C.

I.4.- MÉTODO DE TRABAJO

1. Compilación y análisis de la información existente del área de estudio.
2. Interpretación de imágenes de satélite, planos aeromagnetométricos y planos magnetométricos terrestres (SGM, 2008), secciones y planos geológicos, realizados en el distrito minero Las Truchas y en las zonas de interés (SICARTSA, 1991 y 2002).
3. Se uso el banco de datos del muestreo del yacimiento El Tubo (SICARTSA, 1991).
4. Realización de trabajo de campo para actualizar la geología de la zona de estudio.
5. Con base en la geología de campo realizada en las áreas de estudio, se cambiaron las coordenadas locales a coordenadas UTM Nad 27.

Con base en la información analizada de planos y secciones geológicas, planos aeromagnetométricos y magnetometría terrestres, imágenes de satélite de las áreas de estudio y del modelo geológico del proyecto El Tubo, se fijó un plan de trabajo tanto de campo como de gabinete, el cual consistió en la verificación de rasgos estructurales, litológicos y mineralógicos en el área de estudio, esto se llevó a cabo a fin de realizar un plan de barrenación a diamante (preparación de plantillas para las maquinas, logueo de los núcleos de barreno, correlación e interpretación de secciones geológicas) para incrementar las reservas de mineral de hierro del distrito minero Las Truchas, para satisfacer la demanda que requiere “*ArcelorMittal*”, para incrementar la vida útil de la mina y su planta de beneficio, así como generar un mayor número de fuentes de trabajo dentro la misma y su planta de productos terminados.

I.5.- ANTECEDENTES

Se tiene conocimiento de trabajos realizados en el año de 1905, por la Compañía Minas de Fierro del Pacífico, S.A., la cual denunció los depósitos de fierro de Las Truchas, (SERMMOSA, 1995).

En el año de 1959 se llevaron a cabo trabajos de exploración por parte del Instituto Nacional para la Investigación de los Recursos Minerales (I.N.I.R.M.), estudios que fueron publicados bajo el título: “Los Yacimientos Ferríferos de Las Truchas, Michoacán”, en el boletín No. 46 por el ingeniero E. Mapes y colaboradores de la misma institución (Mapes-Velázquez *et al.*, 1959).

En 1964, mediante un convenio establecido entre las dependencias de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Consejo de Recursos Naturales No Renovables (C.R.N.N.R.), a través de un programa para el desarrollo, se llevó a efecto el levantamiento aeromagnetométrico de la porción sur del estado de Michoacán y el sureste del estado de Guerrero, mediante vuelos realizados a 300 m, donde se observaron por primera vez las anomalías existentes en el distrito ferrífero Las Truchas, (SICARTSA, 1991).

En 1974 el Consejo de Recursos Minerales (CRM) llevó a cabo 2 vuelos aeromagnetométricos, uno a 160 m y otro a 120 m de altitud, con lo que se comprobaron

las anomalías del distrito ferrífero Las Truchas. Las anomalías de El Tubo, La Cruz y Acalpican se clasificaron de 1er orden, por el intervalo en que se presentaron las anomalías que son entre 30,000 y 75,000 gammas, siendo éstas de interés para este trabajo de tesis (CRM, 1974).

En 1976 se iniciaron las actividades de la planta Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas S.A. de C.V., (Rodríguez-Medina *et al.*, 1995).

En el año de 1980 PEMEX con el acuerdo de las empresas siderúrgicas Altos Hornos de México, S.A. (AHMSA); Fundidora de Monterrey S.A. (FMSA); Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas, S.A. (SICARTSA); Hojalata y Lámina, S.A. (HYLSA); Consorcio Minero Benito Juárez, Peña Colorada, S.A. (CMBJPCSA), y el Consejo de Recursos Minerales (CRM) establece el Programa Integral de Exploración de Mineral de Hierro que incluyó numerosos prospectos para la realización de estudios geológicos, geofísicos y de barrenación a diamante preliminar. En 1983 dicho programa pasa al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) en donde continua con la misma finalidad y objetivos, bajo el auspicio económico de PEMEX, (IMP, 1984).

Los informes técnicos de estos trabajos permitieron definir en buena medida la estratigrafía de la zona, morfología de los depósitos y hacer consideraciones acerca de la génesis mineral.

En noviembre de 1988 la división de materias primas SIDERMEX firmó con SICARTSA un contrato de servicios, comprometiéndose a definir el programa estratégico de suministro de ferríferos que incluye como punto más relevante la responsabilidad sobre la exploración y evaluación de los prospectos y yacimientos ferríferos en el área de influencia de SICARTSA. El programa inicia formalmente en 1989, estimándose cumplir con el programa total en un tiempo de 5 años (SIDERMEX, 1989).

En diciembre de 2006, “*ArcelorMittal*” adquirió SICARTSA, el principal fabricante mexicano de productos largos (long steel).

II.- GEOLOGÍA REGIONAL

II.1- FISIOGRAFÍA

El distrito minero Las Truchas se ubica en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, véase figura 2.1 (INEGI, 1991), y al cinturón de Fe del SW de México como se observa en el plano metalogenético, figura 2.2, (SGM, 2008)

En el distrito se puede observar que las formas topográficas en las que afloran los cuerpos de hierro están representadas por cerros redondeados, típicos de la erosión de climas tropicales. La elevación de los cerros varía de 200 a 300 m.s.n.m., teniendo pendientes con gradiente elevado y uniforme.

El sistema hidrográfico está bien definido; el río Acalpican y el arroyo Las Truchas presentan perpendicularmente a su curso una red dendrítica de pequeños arroyos que se ajustan al desagüe principal. El río Acalpican es el de mayor importancia en el distrito; nace en el valle de Arteaga, Michoacán, a unos 50 km al Norte de la costa y vierte sus aguas en el Océano Pacífico, en las cercanías del poblado de Playa Azul, Michoacán.

El arroyo Las Truchas representa el principal conducto de desagüe a una importante zona mineralizada que incluye los yacimientos de El Mango y Santa Clara, tiene su cuenca en forma de V con pendientes pronunciadas y curso indefinido, aunque se observa por zonas de debilidad como son fracturas y fallas.

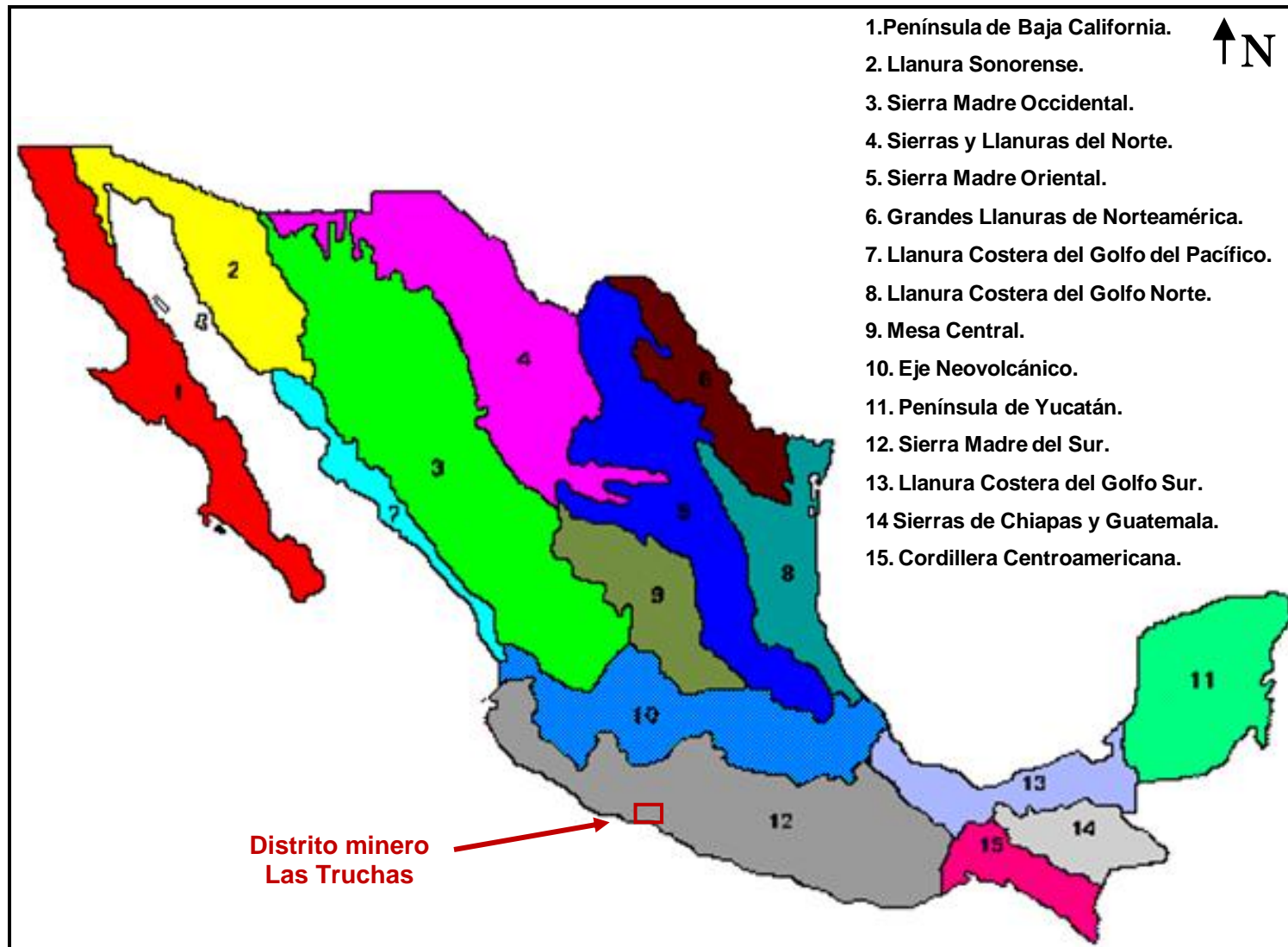


FIGURA 2.1 Mapa de Regiones Fisiográficas. Fuente: INEGI, Dirección General de Geografía, Escala 1:10,000, México, 1991.

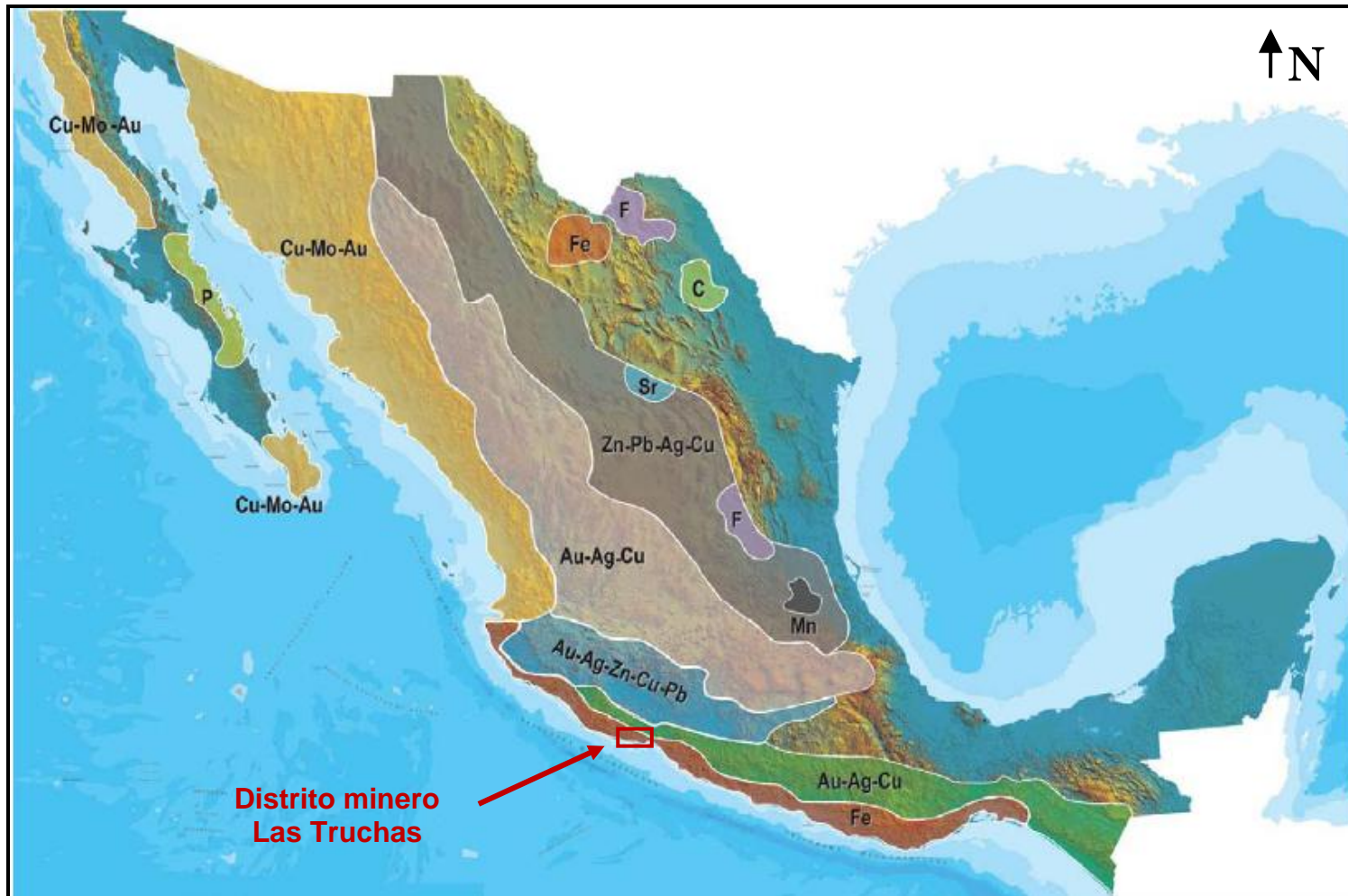


FIGURA 2.2 Mapa de provincias metalogénica, escala 1:2000, Fuente: Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2008.

II.2.- MARCO TECTÓNICO

El área estudiada queda comprendida dentro del terreno Guerrero (Campa-Uranga, M.F., y Coney P.J., 1983), particularmente en el subterreno Zihuatanejo, el cual tiene cubierta Terciaria que representa a la Sierra Madre del Sur y una cubierta Cuaternaria relacionada al Eje Neo Volcánico.

El Complejo Arteaga ha sido propuesto como basamento del terreno Guerrero (Centeno-García, 1994), el cual consta de varias unidades, las más antigua compuesta por gneisesquistos de posible edad Triásico Inferior. Sobreyacendo de manera concordante aflora la Formación Jaltomate también de edad Triásico Inferior, sobreyacendo en ocasiones interdigitada se presenta la Formación Varales de edad Triásico Medio-Jurásico Inferior.

Las unidades mencionadas están intrusionadas por el Granito Tumbiscatío que consiste en metadiorita, metatonalita y metagranito de 2 micas de naturaleza peraluminica datadas por Grajales y López (1984), con edades que varían de 127 +/- 3 Ma a 158+/-5 Ma, que los ubica en un intervalo entre el Jurásico Tardío-Cretácico Inferior.

El terreno Guerrero representa la evolución de una serie de arcos insulares del Mesozoico acrecionados al occidente del cratón de Norteamérica (Campa-Uranga, M.F., y Coney P.J., 1983). Su basamento permite suponer que se trata de secuencias vulcanosedimentarias con un metamorfismo y deformación más fuerte que las secuencias propiamente correspondientes al terreno Guerrero, permitiendo interpretar que en el Triásico Inferior se desarrollaron arcos volcánicos intraoceánicos que sirvieron como sustrato para la edificación del terreno Guerrero y al subterreno Zihuatanejo, el cual a su vez corresponde a un arco insular intraoceánico que evoluciona desde el Cretácico Inferior al Cretácico Superior y acreciona al continente durante el Terciario Temprano (Orogenia Laramide), cuando se desarrollan esfuerzos de compresión que pliegan a todas las rocas pre-existentes, imprimiendo a las rocas del Complejo Arteaga una segunda deformación.

Los datos geocronológicos de las rocas ígneas de la Sierra Madre del Sur (Moran Z. D., *et al.*, 2000), permitieron sugerir un arco magmático que evoluciona desde el Paleoceno

hasta el Eoceno, predominando en la región de Michoacán y Guerrero y posteriormente migró hacia el oriente de Guerrero y occidente de Oaxaca teniendo una amplia distribución durante el Oligoceno, entre el Oligoceno Tardío al Mioceno Medio el magmatismo migró hacia el oriente del estado de Oaxaca.

Este magmatismo está representado por el Batolito de Michoacán – Guerrero y por las rocas volcánicas que conforman las partes altas de la Sierra Madre del Sur.

Posterior a este evento se desarrolló una etapa de distensión que origina un fallamiento escalonado evidenciado en el graben de Apatzingán representado por el basculamiento de las rocas volcánicas al nororiente, así como el desarrollo de fallas normales y laterales.

Finalmente se tiene vulcanismo reciente del Eje Neovolcánico representado por lahares originados por el volcán de Colima en la porción NW y por basaltos en la porción NE.

II.3.- ESTRATIGRAFÍA

II.3.1- PRECRETÁCICO

II.3.1.1.- COMPLEJO ARTEAGA

El Complejo Arteaga ha sido considerado como el basamento del Terreno Guerrero. Petróleos Mexicanos (PEMEX) en sus estudios regionales de 1975 y 1976 reporta una secuencia vulcanosedimentaria metamorfoseada constituida de pelitas, calizas y conglomerados (Gutiérrez, 1975) y (Guzmán, 1976).

Centeno-García (1994) propone el rango de Complejo Arteaga debido a su variedad litológica, características geoquímicas y complejidad estructural. Consta de una secuencia formada por rocas metamorfoseadas y altamente deformadas, constituidas principalmente por gneises, esquistos y cuarcitas.

Aflora en los cortes de los arroyos Mexcalhuacan, Chucutitán, Arteaga, Chuta – Toscano, Popoyuta, y en Las Juntas.

Las asociaciones litológicas sugieren que estas rocas fueron depositadas por corrientes de turbidez en un ambiente marino profundo, que fue afectada por procesos metamórficos.

II.3.2.- CRETÁCICO

II.3.2.1.- FORMACIÓN TECALITLÁN

Rodríguez, 1980 (en Munguía-Rojas, P., 1991), definió informalmente como Formación Tecalitlán a una secuencia de piroclásticos de composición predominantemente andesítica. Posteriormente Pantoja-Alor, J. (1981) describe formalmente a estas rocas como una secuencia de derrames, brechas y tobas riolíticas a andesíticas con intercalaciones de conglomerado volcánico, andesita microlítica de color gris verdoso y toba riolítica con fragmentos líticos de riolita porfídica, esta unidad aflora en franjas orientadas NW-SE. La localidad tipo se encuentra en los afloramientos situados a la orilla de la carretera federal no. 110 entre el poblado de Tecalitlán y la ranchería de Carrizillo, en el estado de Jalisco.

Esta unidad esta conformada de manera general por una secuencia de lavas andesíticas a traquiandesitas y aglomerados, brechas volcánicas y depósitos piroclásticos, las características que presenta indica un ambiente que corresponde a un macizo de arco volcánico insular, que se relaciona con el subterreno Zihuatanejo.

II.3.2.2.- FORMACIÓN TEPALCATEPEC

Pimentel, 1980 (en Munguía-Rojas, P., 1991), la define como una unidad vulcanosedimentaria con bancos calcáreos de escaso desarrollo vertical y horizontal, lutitas, areniscas, tobas riolíticas y dacíticas, conglomerados, niveles detríticos y escasos derrames andesíticos que aflora en la región de Tepalcatepec y Coalcomán.

La litología en forma general está constituida en su parte inferior por un grueso paquete de tobas líticas de composición andesítica a dacítica, brechas volcánicas, derrames dacíticos y hacia la parte superior se tienen tobas riolíticas, tobas de textura arenosa y conglomerados volcánicos, lutitas y calizas arcillosas con escasos derrames andesíticos.

Por las características litológicas se puede inferir que se tenían pequeñas cuencas de sedimentación constante, relativamente cercanas a los focos de actividad volcánica, debido a la abundante ocurrencia de niveles tobáceos, epiclásticos, areniscas y conglomerados y el carácter lenticular de las calizas arcillosas subarrecifales, que implican procesos sedimentarios mixtos dentro de la evolución del arco insular.

Dataciones paleontológicas realizadas por PEMEX en el pozo Tepames 1 (Munguía-Rojas, 1991) le asignan una edad Aptiano-Albiano.

II.3.3.- CRETÁCICO INFERIOR - CRETÁCICO SUPERIOR

II.3.3.1.- ROCAS INTRUSIVAS

II.3.3.2.- Batolito Michoacán-Guerrero

Está conformado por varios troncos y apófisis de composición diorítica siendo los troncos más importantes; Arteaga, La Mira, San José de Chila, Los Pozos, Aquila, Ostula y Tizapan.

El batolito Michoacán-Guerrero forma parte de un cinturón plutónico que se encuentra distribuido a lo largo de la zona costera desde Michoacán hasta el Istmo de Tehuantepec que varía en edad del Paleoceno al Oligoceno.

II.3.3.3.- Intrusivo Arteaga

Con este nombre se designa a un intrusivo granítico que aflora en el poblado de Arteaga en forma de troncos irregulares con una orientación NW – SE (Morán Z.D. *et al.*, 2000).

Está intrusionando al metavolcánico-sedimentario, a las formaciones Jaltomate y Varales así como a andesitas del miembro Ixtapa mixto.

Presenta edades que varían de 44 a 62 Ma (IMP 1984 inédito y Schaaf P., 1990, en Garduño M.V.H., *et al.*, 1999) ubicándose en el Eoceno – Paleoceno.

II.3.3.4.- Intrusivo La Mira

Es un intrusivo de composición granodiorítico-diorítica el cual aflora al norte de La Mira, de forma irregular con una orientación general E-W, megascópicamente es de color gris con tonos verdes, presenta una estructura compacta y textura fanerítica, se le observan minerales ferromagnesianos.

La unidad se encuentra intrusionando al Complejo Arteaga, andesitas del miembro Ixtapa mixto y al miembro La Unión.

En la parte central del intrusivo se tienen edades que varían de 60 a 65 Ma ubicándose en el Paleoceno, en la periferia de este intrusivo se tiene una datación de 84 Ma (IMP, 1984 inédito, en Garduño M.V.H., *et al.*, 1999).

En la porción sur de este intrusivo se tiene el distrito minero Las Truchas, donde se conocen depósitos de hierro.

II.3.3.5.- Intrusivo San José de Chila

Es un intrusivo granítico de forma irregular que aflora en una franja NE-SW. Está intrusionando al NW y al SE a rocas metamórficas de la Formación Varales y también a rocas andesíticas del miembro Ixtapa mixto, por su posición estratigráfica se le asigna una edad de Eoceno-Paleoceno.

II.3.3.6.- Intrusivo Los Pozos

Es un intrusivo granodiorítico de forma burdamente ovalada que se extiende en una dirección NW-SE y aflora al noroeste del rancho Los Pozos.

Está intrusionando a la secuencia metavolcanica-sedimentaria, produciendo aureolas de metamorfismo de contacto originando calizas marmorizadas y *hornfels*.

II.3.3.7.- Intrusivo Aquila

Con este nombre se designó a un cuerpo burdamente rectangular de composición granodiorítica que se extiende en una franja NW-SE y que aflora en la localidad de Aquila.

Está intrusionando al miembro Ixtapa mixto y a la Formación Tepalcatepec. Se tienen dataciones que varían de 61 a 84 Ma (IMP, 1978 y 1984 inédito, en Garduño M.V.H., *et al.*, 1999) que le dan una variación en edad del Santoniano-Paleoceno.

II.3.4.- DEPÓSITOS HOLOCÉNICOS

II.3.4.1.- Arenisca – Conglomerado polimíctico

Es una unidad constituida por material clástico con diferentes grados de redondez, alternando con horizontes arenosos.

Son rocas clásticas producto de la erosión de aparatos volcánicos en el río Grande y andesitas e intrusivos en Lázaro Cárdenas, basándose en su posición se considera de edad Pleistoceno. Se encuentra rellenando valles, su morfología es de abanicos aluviales.

II.3.4.2.- Depósitos palustres

Esta unidad está constituida por depósitos palustres cercanos a la línea de costa, se encuentran aflorando en la desembocadura del río Balsas.

Al norte de Playa Azul se presenta un horizonte de limos y arenas con gran cantidad de conchas de organismos, la característica principal de estos depósitos es que no están consolidados ni cementados.

Están sobreyacendo a andesitas y tobas líticas del miembro La Unión y están cubiertos por aluvión.

II.3.4.3.- Aluvión

Son depósitos recientes originados por corrientes fluviales, que se depositan en la desembocadura de los ríos.

Está compuesto por fragmentos líticos de diferente composición como son fragmentos de rocas intrusivas, volcánicas, calcáreas y metamórficas, empaquetados en una matriz arenosa constituida por minerales de cuarzo, feldespatos, plagioclasas y ferromagnesianos principalmente.

II.3.4.4.- Depósito litoral y palustre

Son depósitos cercanos a la línea de costa. Estos depósitos están constituidos por arenas finas de diferente granulometría y los palustres están formados por limos y arcillas en zona de pantanos, en donde se mezcla ambiente marino y fluvial.

Obsérvese figura 2.3, columna estratigráfica.

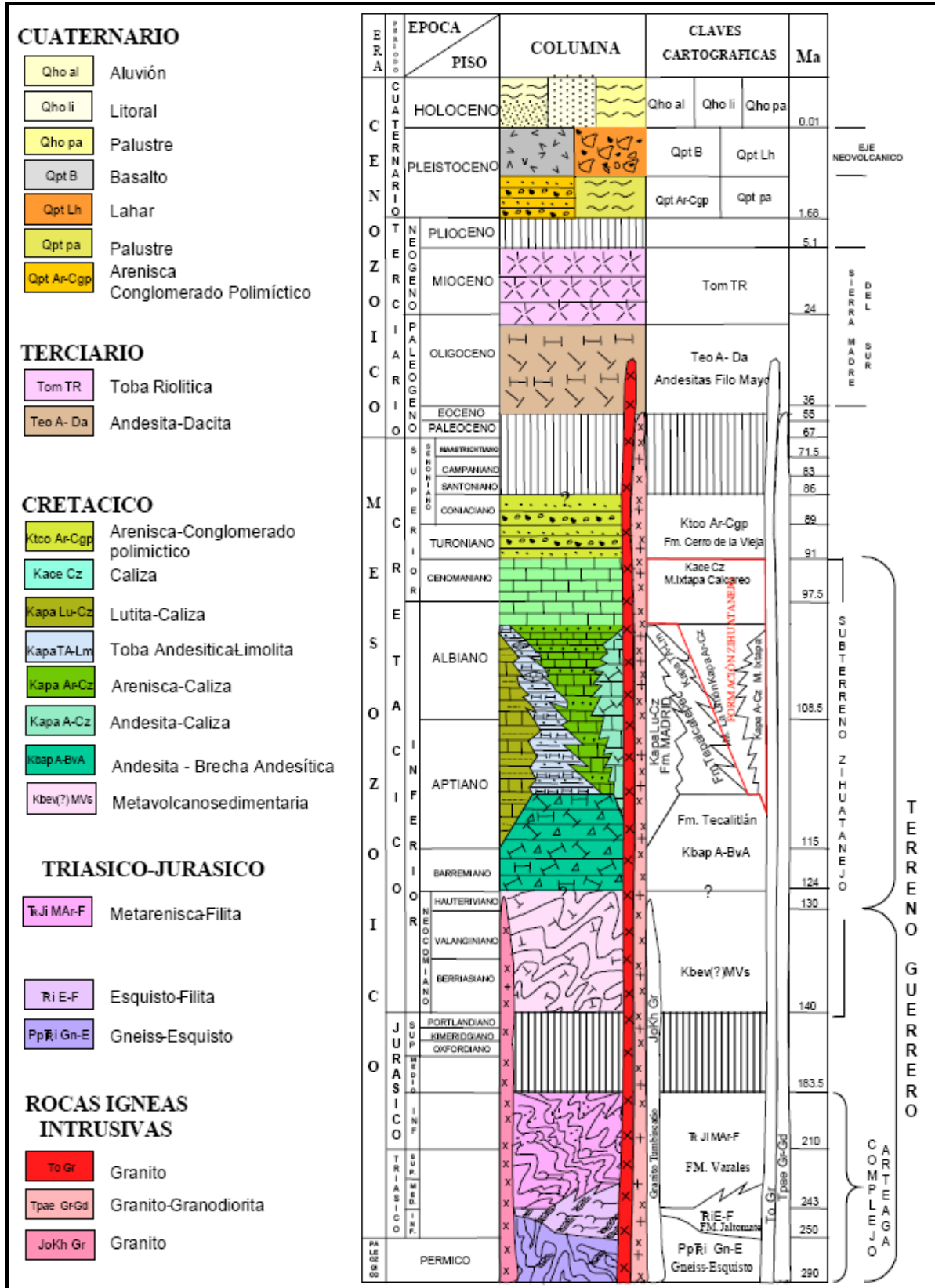
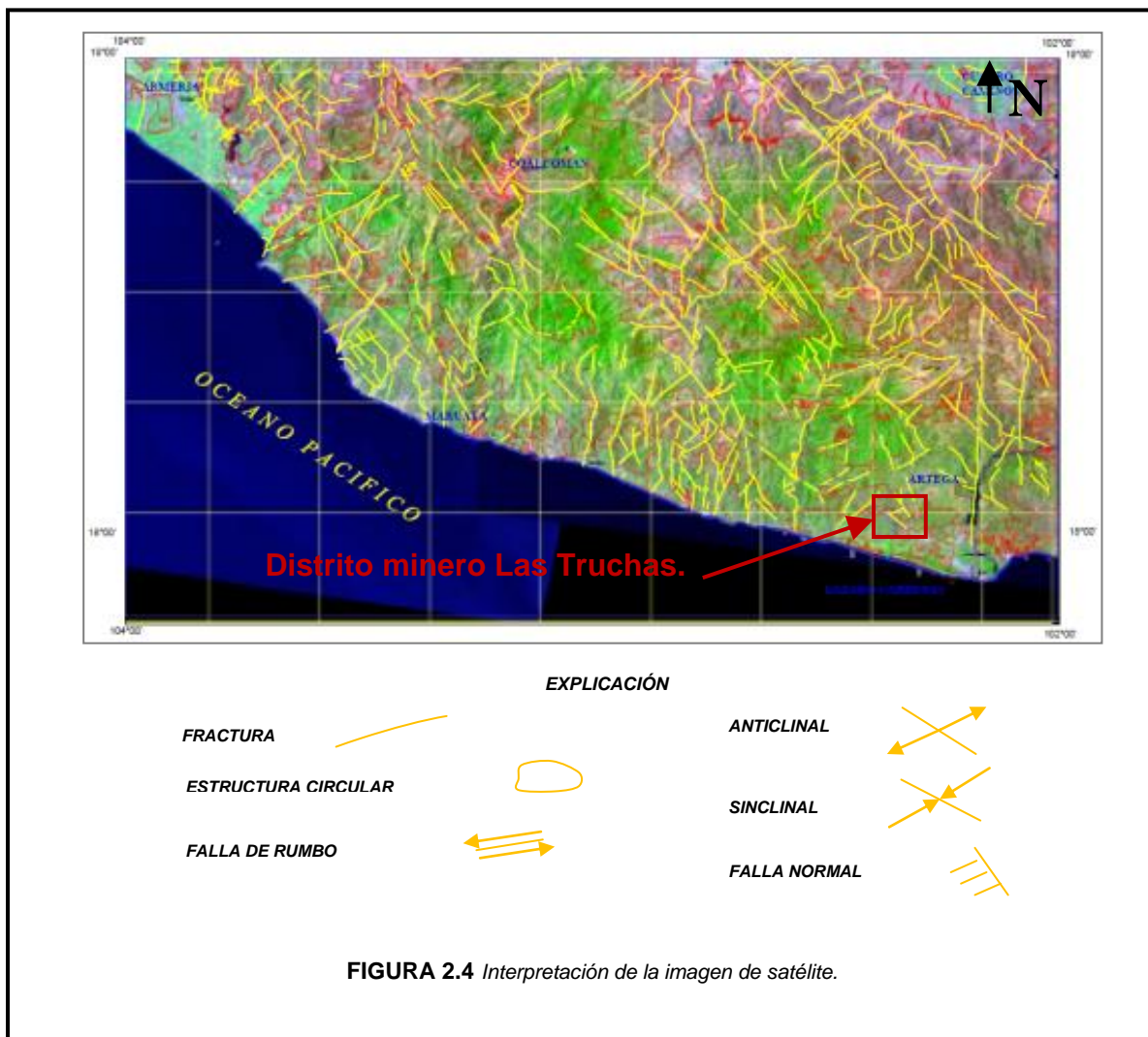


FIGURA 2.3 Columna estratigráfica Lázaro Cárdenas, Michoacán. Fuente: Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2000, Informe Final Carta Geológico-Minero Lázaro Cárdenas.

II.4.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Del análisis de imágenes de satélite se determinó que los lineamientos principales y más abundantes tienen una orientación NW-SE, le siguen en importancia los de rumbo NE-SW y finalmente los de rumbo N-S, estas últimas estructuras reflejan una tectónica distensiva, también se tienen estructuras circulares originadas por eventos magmáticos, como se aprecia en las figuras 2.4 y 2.5.

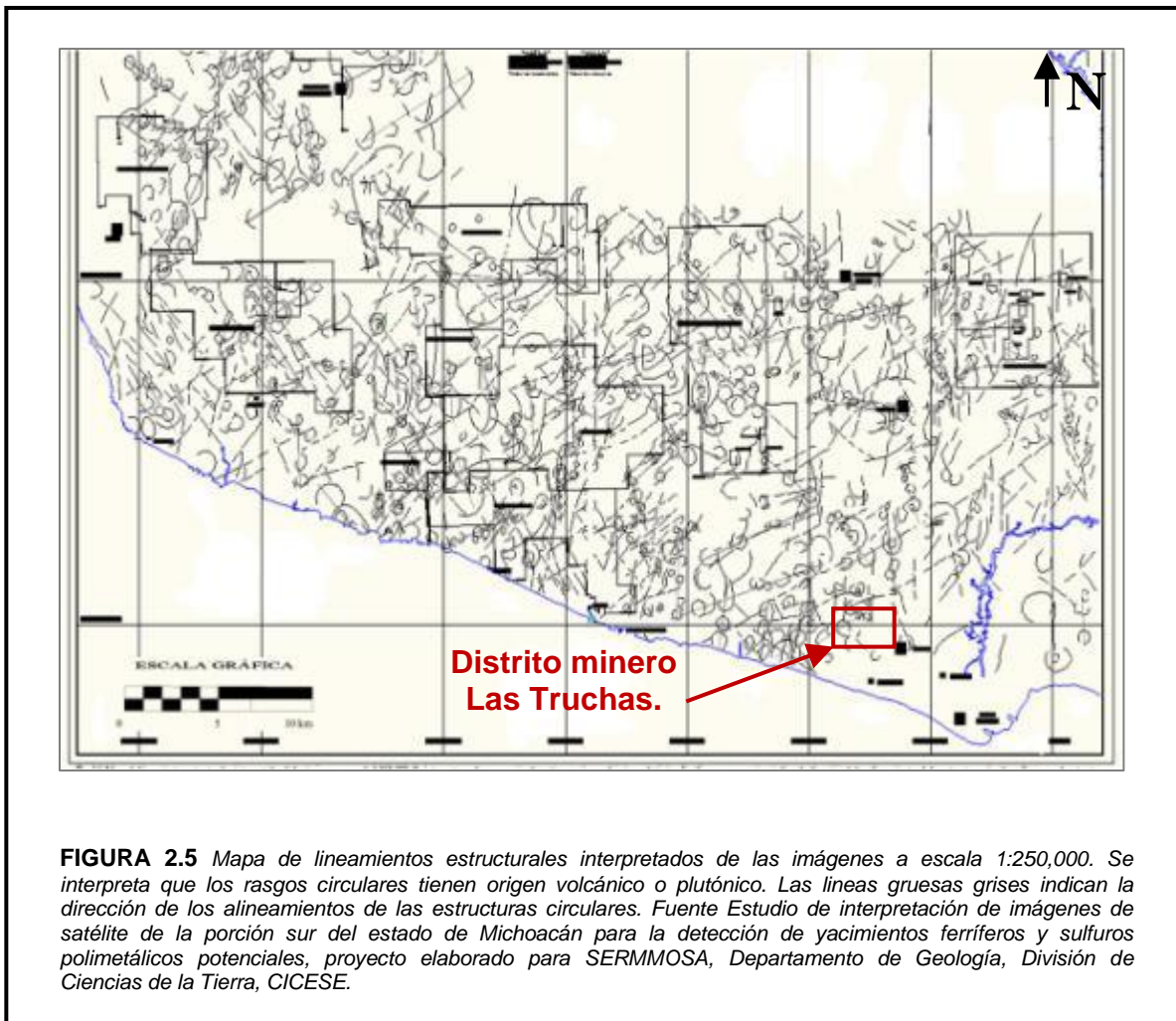
En la porción NE los lineamientos de orientación NW-SE representan fallas normales que afectan a rocas volcánicas, éstas se encuentran representadas por la falla de río Grande NW 60 ° y la falla de Tepalcatepec NW 45° (Garduño P.V.H., 1999).



En la porción central y noroccidental son más evidentes los lineamientos de rumbo NW 45° que corresponden a los anticlinales y sinclinales de Playitas, Coalcomán, Villa Victoria. Otros lineamientos con este rumbo corresponden a límites de rocas graníticas como en el caso de los intrusivos Los Pozos, Arteaga, Aquila y Ostula.

Otros lineamientos importantes son los de dirección NE 45° y corresponden a fallas normales con desplazamiento lateral, su mejor exposición se tiene en la parte noroccidental, representada por el río Coalhuayana, el arroyo de Ticuilucan.

Los lineamientos de rumbo N-S que corresponden a fallas y fracturas. Las estructuras de rumbo E-W corresponden a fracturamiento.



Las estructuras circulares representan un rasgo de deformación que se asocia con actividad volcánica o con el emplazamiento de cuerpos intrusivos, algunos de los cuales no afloran; en ambos casos, el fracturamiento producido por la actividad magmática define estructuras favorables para la circulación de fluidos hidrotermales y la precipitación de metales en caso de que los fluidos estén enriquecidos, como se observa en la figura 2.5, mapa de lineamientos estructurales.

En la región S-E del área se manifiesta un batolito de composición granítico-granodiorítico emplazado durante el Cretácico Superior como cuerpos hipabisales (pórfidos andesíticos) de un vulcanismo calco-alcalino desarrollado en las márgenes de un arco insular magmático.

Se observa también un batolito de composición félsica (diques aplíticos dentro de la mina El Volcán y mina El Mango), emplazado durante el Terciario, al cual se le considera que está estrechamente relacionado con los procesos de mineralización del área.

Finalmente se manifiesta el desarrollo de terrazas estructurales hacia la costa del Pacífico, las que se encuentran en proceso de formación, observándose un fenómeno de acreción continental.

III.- GEOLOGÍA LOCAL

III.1.- ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias más antiguas aflorantes en el distrito minero Las Truchas están representadas por calizas, del Cretácico Inferior. Se presentan como casquetes aislados de forma lenticular y escasa distribución, con espesores muy pequeños, los cuales representan remanentes de esta formación, dejados a través de un prolongado período de erosión.

Debido a las cercanías del intrusivo, la mayoría de estos remanentes de caliza están muy alterados por fenómenos metamórficos, por lo cual su rumbo e inclinación se encuentran movidos y no son representativos, las pocas calizas sin alterar se presentan en forma compacta, son de color gris claro a oscuro.

Los estudios efectuados muestran que los fósiles son púas de equinoideos indeterminables, fragmentos de pequeñas ostras, bivalvos y sobre todo paquiodontos. De éstos solamente los paquiodontos son indicadores estratigráficos, pertenecen al género *tucasia* de edad Albiano-Cenomaniano, depositándose en un medio ambiente de plataforma de poca profundidad en aguas marinas, claras, cálidas y sin aporte de material volcánico o terrígeno; correlacionándose con desarrollos arrecifales de la costa del Pacífico.

También se encuentran un conjunto de sedimentos marinos clásticos calcáreos como conglomerados, areniscas calcáreas y coquinas, se encuentran de manera discordante sobre rocas de metamorfismo ígneo en Ferrotepec y al sur del poblado La Mira que se depositaron en el Terciario Superior.

III.2.- ROCAS VOLCÁNICAS

Las rocas volcánicas cubren la mayor parte del distrito, en el arroyo Las Truchas se puede observar que se encuentran descansando sobre las rocas intrusivas y remanentes de caliza, esto indica que el depósito tuvo lugar en una época en que la región se encontraba

en un grado avanzado de erosión donde prácticamente todas las calizas habrán sido removidas.

Las rocas volcánicas están constituidas por andesitas félsicas, andesitas porfídicas, tobas y brechas andesíticas, estando las lavas subordinadas únicamente al conjunto piroclástico presentando capas definidas y de espesor variado que en general van de 4 m a menos.

Las brechas están formadas por fragmentos angulosos de composición andesítica, los tamaños de los fragmentos varían entre 0.5 mm hasta 5 cm.

Aisladamente también afloran casquetes de roca andesítica provenientes de lavas, brechas y tobas de forma irregular que descansan discordantemente sobre las dioritas y se localizan en la cima de algunos cerros.

III.3.- ROCAS INTRUSIVAS

Granodioritas

Afloran en el cerro del Tapeixtle y a lo largo del arroyo de Las Truchas en forma de franja con orientación E-W, los contactos están cubiertos por sedimentos, por lo que es difícil discernir su actitud.

Se encuentra subyaciendo a las andesitas, presentando en su contacto una inclinación irregular de aproximadamente 30° incrementándose al oriente, cerca del río Acalpican, donde no se observan afloramientos sino hasta en la falda norte del cerro La Bandera. Sus contactos son graduales pasando de diorita cuarcífera a diorita.

Es una roca en su mayoría equigranular, holocristalina, hipidiomórfica de grano medio a grueso. Las plagioclasas se presentan siempre en marcado exceso sobre el feldespato potásico, su composición aproximada es de:

<i>Plagioclasas</i>	<i>40%</i>	<i>Andesina, oligoclasa.</i>
<i>Feldespato</i>	<i>15%</i>	<i>Ortoclasa, alterado a caolín.</i>
<i>Cuarzo</i>	<i>25%</i>	<i>Relleno intersticial y en vetillas.</i>
<i>Ferromagnesianos</i>	<i>20%</i>	<i>Biotita de color verde, hornblenda, la alteración de estos forman agregados de clorita y polvo de magnetita.</i>
<i>Accesorios</i>	<i>5%</i>	<i>Magnetita, pirita, apatita, esfena y zircón, vetillas rellenas de epidota cortan todos los constituyentes de la roca.</i>

TABLA 3.1 *Composición mineralógica de una roca granodiorita.*

Dioritas.

Son rocas holocristalinas en las que predomina la andesina y como ferromagnesianos en su mayoría se encuentra la hornblenda, raramente biotita. Se les coloca en la base del Terciario, intrusionando a la caliza.

III.4.- ROCAS HIPABISALES

Éstas rocas se encuentran distribuidas en forma abundante dentro del distrito, asociadas a rocas plutónicas a las que intrusionan en forma de diques que van desde unos cuantos centímetros hasta varios metros de potencia.

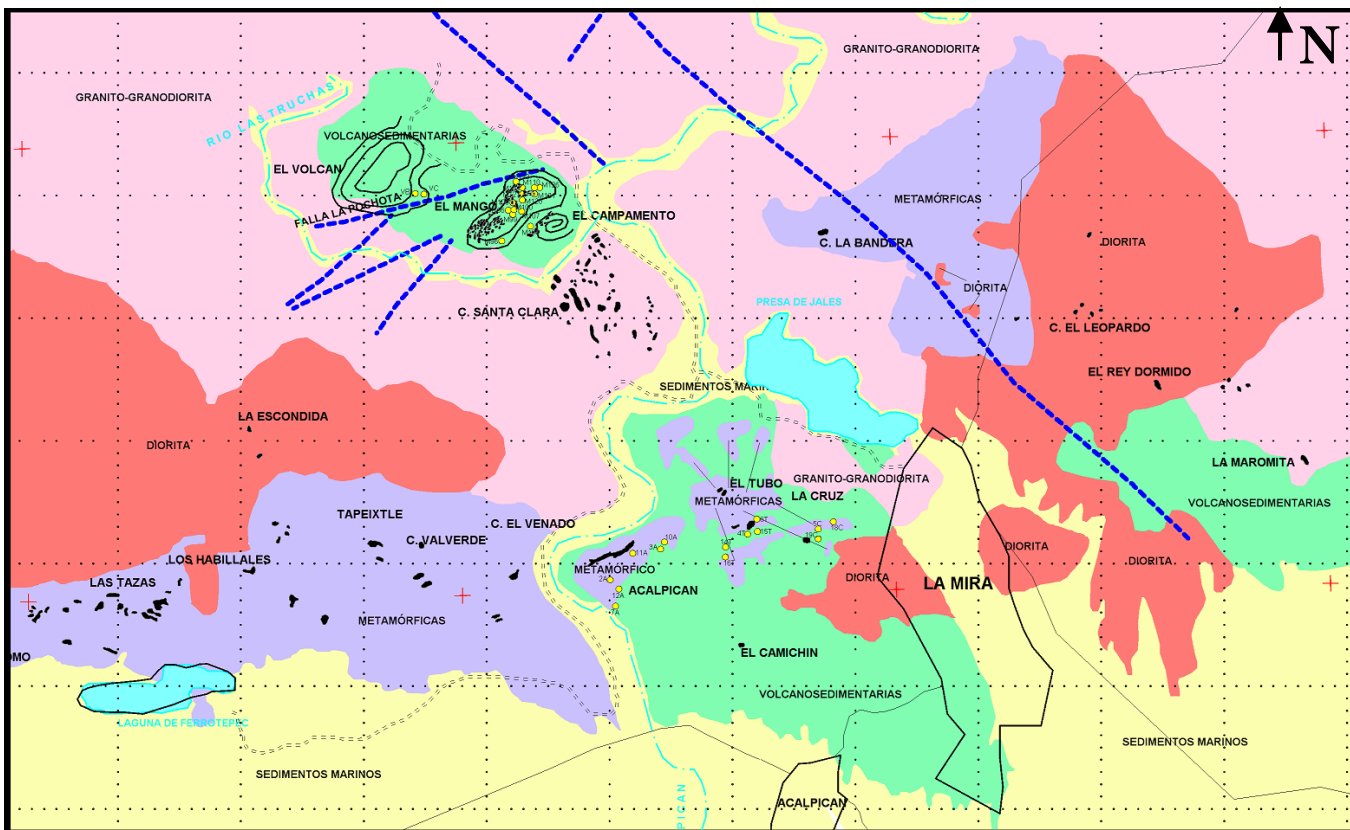
Los buzamientos de los principales diques son variables de 75° a 60° mientras que los diques secundarios presentan buzamientos de 45° a 30°.

Sus contactos debido al rápido enfriamiento en el momento de la intrusión, se presentan con apariencia porcelanizada y a medida que se aleja de éstos el tamaño de sus granos va aumentando paulatinamente. Su color es blanco y el tamaño de sus cristales es fino bajo el microscopio, las aplitas tienen una textura sacaroidea formada por abundantes laminillas de muscovita, ortoclasa, probablemente algo de andesita y cuarzo que es siempre intersticial. Todos estos constituyentes forman un mosaico equigranular de grano

fino, además contiene unas hojuelas de biotita de color verde, es el único mineral desarrollado como fenocristal, el cual tiene un color verde oscuro que destaca en la matriz de color claro.

Las aplitas de diorita tienen igualmente textura sacaroidea constituida por plagioclasa félsica, hornblenda y epidota en granitos irregulares. La plagioclasa tiene forma idiomórfica, mientras que la hornblenda se presenta en agregados irregulares relleno de todos los espacios entre los cristales de la plagioclasa indicando que fue la última en cristalizar, además contiene abundante pirita, los diques de diorita pueden observarse en los arroyos de El Tigre y en la franja norte del cerro de Tazas en contacto con las rocas calcáreas.

Véase figura 3.1 y 3.2, plano geológico y columna estratigráfica respectivamente, distrito minero Las Truchas.



LITOLOGÍA

- ROCAS SEDIMENTARIAS (Al, Ar, Cg, Sm)
- ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS (A-Cz)
- ROCAS METAMÓRFICAS DE CONTACTO
- GRANITO-GRANODIORITA
- DIORITA
- FALLA GEOLÓGICA

SIMBOLOGÍA

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> M122 BARRENO REALIZADO POR EL IMP AFLORAMIENTO DE FIERRO OBRA MINERA (TAJO) | <ul style="list-style-type: none"> LÁZARO CÁRDENAS CIUDAD Y/O POBLADO EJIDO CAMINO TERRACERIA | <ul style="list-style-type: none"> RÍO CUERPO DE AGUA |
|---|--|--|

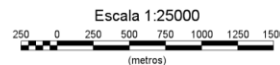


FIGURA 3.1 Plano Geológico del distrito minero Las Truchas. Fuente: Servicio Geológico Mexicano (SGM), vuelo aeromagnético, 2008.

III.5.- ROCAS METAMÓRFICAS

El metamorfismo que afectó a las rocas del distrito Las Truchas debió ser tanto dinámico como de contacto, en la actualidad las rocas invadidas por el intrusivo han sido casi totalmente removidas por la erosión, no pudieron ser observados los efectos del metamorfismo dinámico por lo que se describirá únicamente el metamorfismo de contacto.

El metamorfismo de contacto comprende los cambios mineralógicos y texturales por intrusiones ígneas y sus fluidos asociados, están adscritos principalmente los fenómenos de alteración de la roca caliza, rocas volcánicas y de la formación de los yacimientos ferríferos.

La alteración más notable sufrida en la roca ígnea cercana al contacto, fue la formación de grandes cantidades de hornblenda y una propilitización y sericitización.

Endoskarn

El intrusivo en contacto con la caliza o con el fierro pierde toda apariencia de textura ígnea normal, en el contacto se confunde con la anfíbolita proveniente de la alteración de la caliza, perdiendo la noción de que si lo que se está viendo es caliza metamorfoseada o roca ígnea alterada por la proximidad del contacto.

Hornfels

En la zona de contacto la roca ígnea se encuentra muy alterada al grado que resulta difícil encontrar un ejemplar sin alterar para su estudio. Se trata de una roca muy rica en hornblenda, de color pardo amarillenta, bastante corroída por la parte de la matriz, empiezan con grandes cantidades de epidota, la cual a menudo reemplaza a los feldespatos, los cuales son muy abundantes y generalmente se observan alterados perdiendo el maclado además se observan pequeñas cantidades de biotita, algunos cristales de diópsida y esfena, así como grandes cantidades de piritita y magnetita.

La propilitización que incluye la alteración de minerales ferromagnesianos a clorita, epidota y carbonatos, así como la alteración de feldespatos a sericita y epidota, como

también la introducción de grandes cantidades de pirita generalmente restringida al intrusivo en las cercanías del contacto.

La sericitización que consiste principalmente en la alteración de los feldespatos a una muscovita de la variedad fibrosa y escamosa de grano fino y algunos cristales aciculares de zoisita, ha sido también un fenómeno muy común en el área mineralizada.

Skarn.

El metamorfismo de las calizas se efectuó probablemente en dos etapas:

1. Efectuada en el momento de la intrusión; las calizas sufrieron intenso recalentamiento causando la recristalización (marmorización) de los minerales preexistentes, acompañada únicamente por ligera adición de material que silicificó pequeñas partes.
2. Efectuada cuando el intrusivo estaba en proceso de enfriamiento, los carbonatos de la caliza fueron intensamente reemplazados por los fluidos provenientes del intrusivo, y por intercambio de materiales en las cercanías del contacto entre el intrusivo y las calizas (skarnificación). Ninguno de estos dos procesos actuó con entera independencia el uno del otro y existe divergencia de opiniones respecto a si muchas de las investigaciones muestran la existencia de un intervalo de tiempo considerable entre la recristalización por el calor de las rocas intrusionadas y la liberación principal de los fluidos mineralizantes.

Dentro la segunda etapa se tuvieron dos procesos (Informe técnico, SICARTSA, 1991):

- a) Consistió en el proceso de sustitución ion a ion de caliza a masas de *skarn* constituido principalmente por granate, especularita, cuarzo, epidota, hedembergita y pirita (metamorfismo de contacto).
- b) Aporte en el incremento de sílice, feldespato potásico, clorita y epidota en las rocas volcánicas formando *hornfels*.

DISTRITO MINERO LAS TRUCHAS COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.						
ERA	PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD LITOLÓGICA	LOCALIDAD	EVENTOS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	0.0 HOLOCENO (RECIENTE)	ALUVIÓN	RÍO ACALPICAN PLANICIE COSTERA	EROSIÓN Y SEDIMENTOS	
		0.005	TERRAZAS DE RÍOS	RÍO ACALPICAN ARROYO LAS TRUCHAS		
		PLEISTOCENO	ABANICOS FLUVALES	DESEMBOCADURA DEL RÍO ACALPICAN		
			DEPÓSITOS DE COQUINA	FERROTEOPEC EL COLOMO	SEDIMENTOS	
			CONGLOMERADOS ANDESÍTICOS	TAZAS ACALPICAN A, B Y C		
		1.6	PLIOCENO			
	5.3	MIOCENO	DIQUES DE APLITA	ARROYO LAS TRUCHAS ACALPICAN "C"	DISTENSIÓN	
	TERCIARIO	OLIGOCENO	23.7	DEPÓSITO DE FERRO	FERROTEPEC EL VOLCÁN EL MANGO SANTA CLARA EL TUBO	MINERALIZACIÓN
			ROCAS METAMÓRFICAS	TAZAS EL MANGO LABANDERA	METAMORFISMO	
		35.6	EOCENO	GRANODIORITAS	TRUCHAS SANTA CLARA TAPEXITILE	INTRUSIÓN BATOLÍTICA
		57.8	PALEOCENO	ANDESITAS	SANTA CLARA EL VOLCÁN EL MANGO	OROGENIA LARAMIDE, VOLCANISMO DE ARCO INSULAR (VOLCANO- SEDIMENTARIO)
		MESOZOICO		CRETÁCICO INFERIOR A SUPERIOR	CALZAS FOSILÍFERAS	

FIGURA 3.2 Columna estratigráfica, distrito minero Las Truchas, modificada por el Departamento De Geología y Exploración, SICARTSA, 2002.

IV.-YACIMIENTOS MINERALES

IV.1 GEOLOGÍA

Superficialmente en el área de estudio se puede observar que la mayor parte consta de afloramientos de *hornfels* cuarzo feldespático y *skarn* de granate (SICARTSA, 1991).

Los *hornfels* son procedentes de tobas piroclásticas y derrames andesíticos que han sido silicificados debido a procesos metasomáticos, su coloración es de un gris claro con tintes negros a rosados, la textura predominante es porfidoblástica pero en algunas zonas se observa textura afanítica. Su apariencia es masiva a ocasionalmente brechoide.

La alteración que presenta esta roca es potásica y propilítica, aunado a la silicificación existente en su matriz.

El *skarn* de granate se encuentra alterado por los procesos de mineralización, megascópicamente presenta un color pardo rojizo con estructura compacta y textura granoblástica, frecuentemente está asociado a magnetita, hematita, cuarzo, calcita y epidota.

Estas rocas fueron originadas principalmente por efecto del intrusivo granodiorítico sobre la secuencia vulcanosedimentaria de la Formación Tepalcatepec, principalmente las unidades calcáreas.

En el área correspondiente al proyecto La Cruz, se tiene un intrusivo granodiorítico el cual presenta textura fanerítica, equigranular de grano mediano, su estructura es compacta y los minerales que lo forman son fenocristales de cuarzo y feldespato, así como ferromagnesianos de color verdoso.

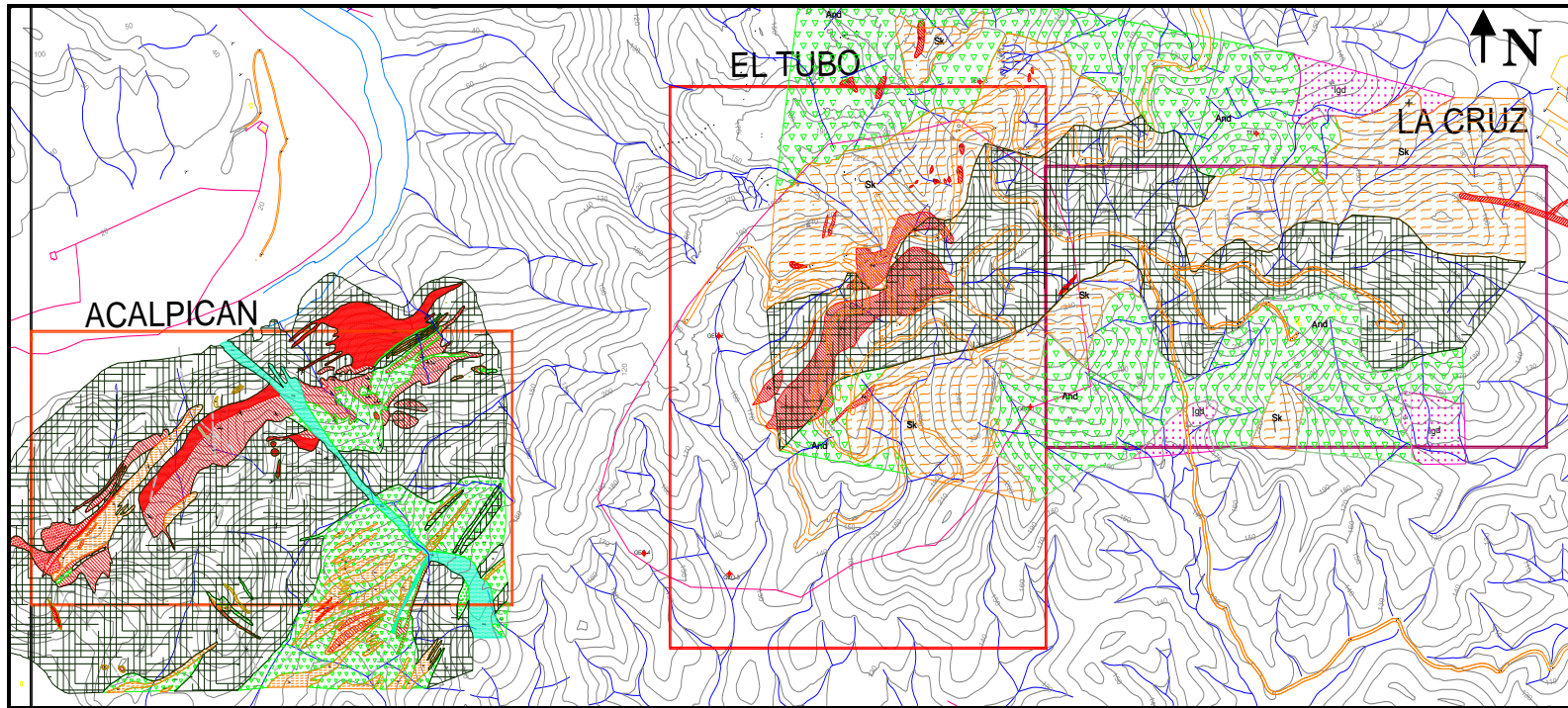
Las andesitas se presentan en un color gris verdoso a verde pardusco, predominan las andesitas que presentan textura afanítica sobre las de textura porfídica que son ocasionales, su estructura es compacta y masiva, teniendo minerales como plagioclasas, epidota, clorita y poca magnetita.

Ocasionalmente la andesita se observa como roca encajonante de la mineralización, mostrando contactos graduales a abruptos en forma preferencial.

Las aplitas se encuentran en forma de diques, generalmente de textura afanítica, de color blanco y textura sacaroide, éstas se encuentran cortando toda la secuencia de rocas y los cuerpos de mineral que hay en el distrito Las Truchas, por lo que se infiere que fueron de las últimas emanaciones de plutones de la zona.

En lo que respecta al proyecto Acalpican se tiene un dique aplítico que se encuentra disectando transversalmente todo el conjunto de rocas y cuerpo mineral, con orientación NW 35° SE e inclinación NW 75°. Su color es blanco y el tamaño de sus cristales es fino, (SERMMOSA, 1995).

El aluvión cubre el cauce del río Acalpican ubicado al suroeste y el arroyo principal procedente de El Tubo, está constituido por arenas, gravas y suelos con espesores variables. En la figura 4.1 se observa el plano geológico de las áreas de estudio (Acalpican, El Tubo y La Cruz).



Escala 1:2000

EXPLICACIÓN

	Suelo		Dique Aplítico		Brecha Andesítica		Fierro masivo
	suelo laterítico		Brecha Volcanica		Skarn		Hornfels con fierro diseminado
	Rodados de Fierro		Tobas.		Skarn con fierro diseminado		Hornfels
	Caliza		Andesita		Fierro diseminado		Granodiorita-diorita

FIGURA. 4.1 Plano Geológico de Acalpican, El Tubo y La Cruz, ubicados en la franja sur del Distrito minero Las Truchas. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

IV.2.- GEOFÍSICA

IV.2.1.- Magnetometría aérea

Con los planos de vuelos aeromagnetométricos a semidetalle realizados por el Consejo Recursos Minerales (CRM, 1974) y por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2008), se analizó la información de éstos con la finalidad de conocer la respuesta magnética de estructuras mineralizadas a mayor profundidad, correspondiente a los proyectos en estudio, esto para plantear un mejor programa de barrenación a diamante para los proyectos, como se observa en la figura 4.2 “plano residual del campo magnético total reducido al polo”.

IV.2.2.- Magnetometría terrestre.

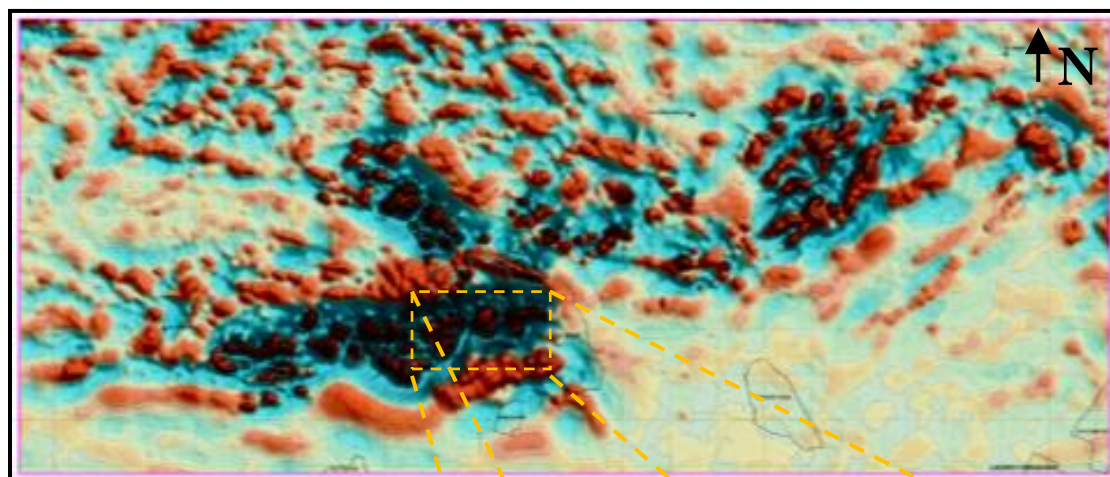
La metodología técnica aplicada fue la de circuito cerrado, la cual consistió en cubrir el área anómala seleccionada con líneas (magnetometría) paralelas entre sí y equidistantes 25 m el rumbo de las líneas es perpendicular al de la anomalía aeromagnetométrica con un espaciamiento entre estaciones de 25 m cerrando así una malla de 25 x 25 estableciendo un control total de la superficie anómala, la toma de datos de campo se hizo a intervalos de 25 m con estaciones intermedias (detalle en cruz) en zonas de mayor relevancia con espaciamientos de 5 m por estación.

De esta forma se localizaron los dipolos magnéticos de mayor gradiente dentro del área, lo cual define una tendencia anómala principal con dirección NE - SW y un buzamiento al SE con unas marcadas interrupciones de campo, quedando una continuidad al NW del área en estudio.

De acuerdo al rumbo e intensidad de la anomalía principal que fluctúa de 30,000 a 75,000 gammas; la zona mineralizada se infiere a partir de 50,000 gammas donde se observa la respuesta magnética inversa debido a posibles movimientos que causan cambios de polaridad a la estructura, esto se confirma en el plano de evaluación de resultados (geológico - magnetométrico) en el cual las interrupciones de campo concuerdan con los

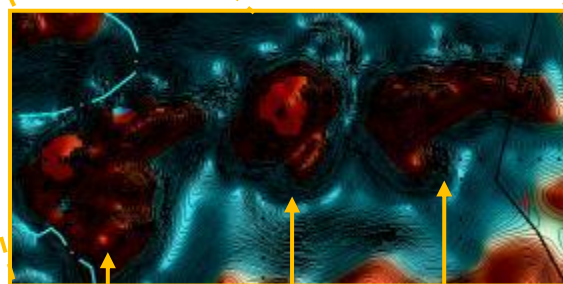
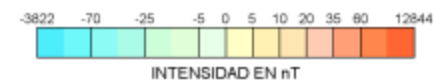
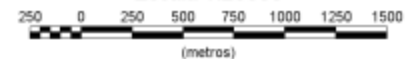
desplazamientos de la estructura mineralizada, (plano magnetométrico a detalle del prospecto El Tubo y Acalpican, CRM, 1974 y SICARTSA, 1979 respectivamente).

En este punto se analizó tanto la información geofísica como la geológica, así como su correlación para de esta manera conocer las posibles fuentes magnéticas del subsuelo y su relación con probables cuerpos de mineral de hierro.



Explicación

Escala 1:25000



Acalpican

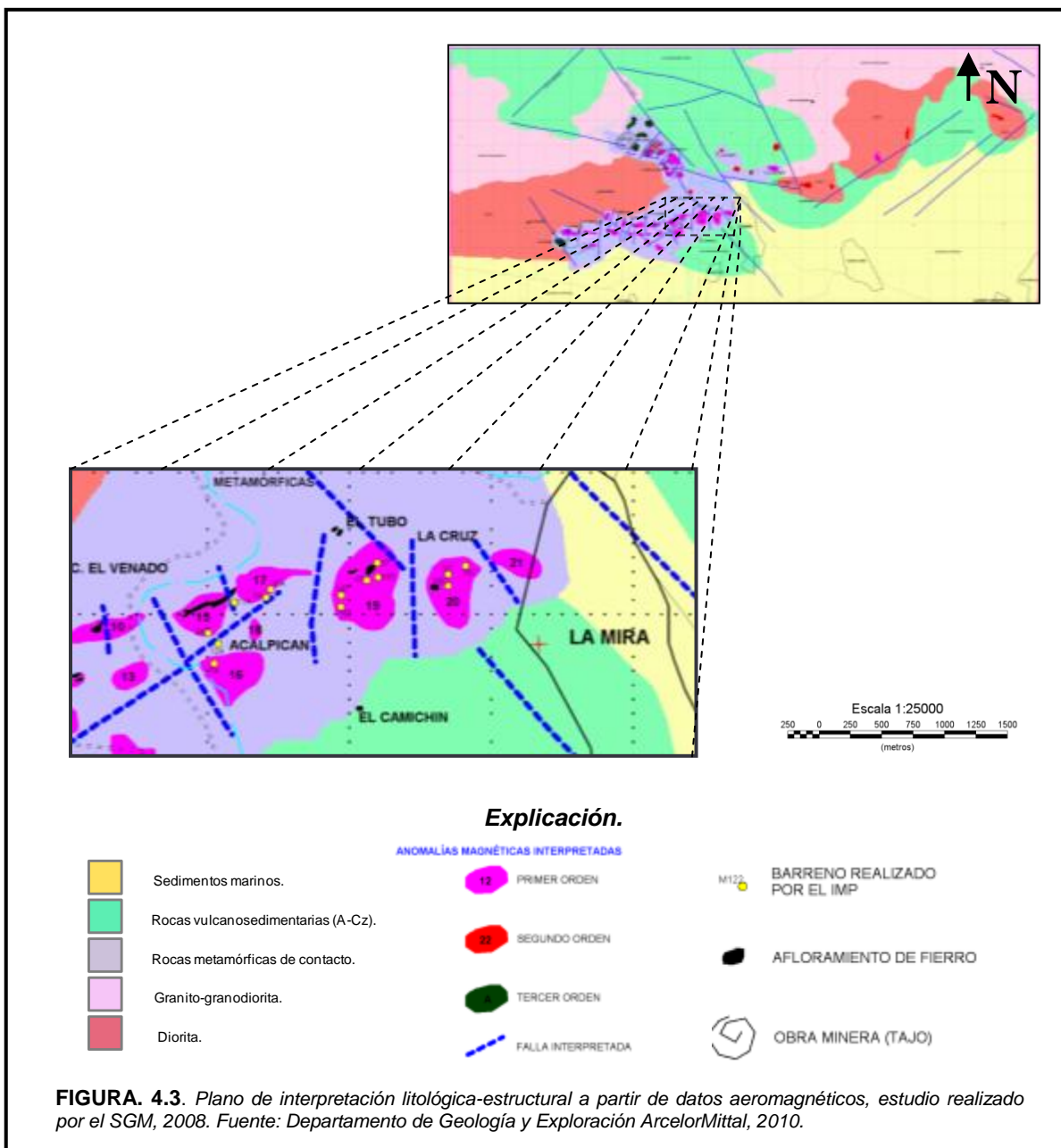
El Tubo

La Cruz

FIGURA 4.2 Plano residual del campo magnético total reducido al polo, área Las Truchas, Lázaro Cárdenas Michoacán., realizado por el SGM en el año 2008, altura del levantamiento 120 m. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

IV.3.- RELACIONES ESTRUCTURALES

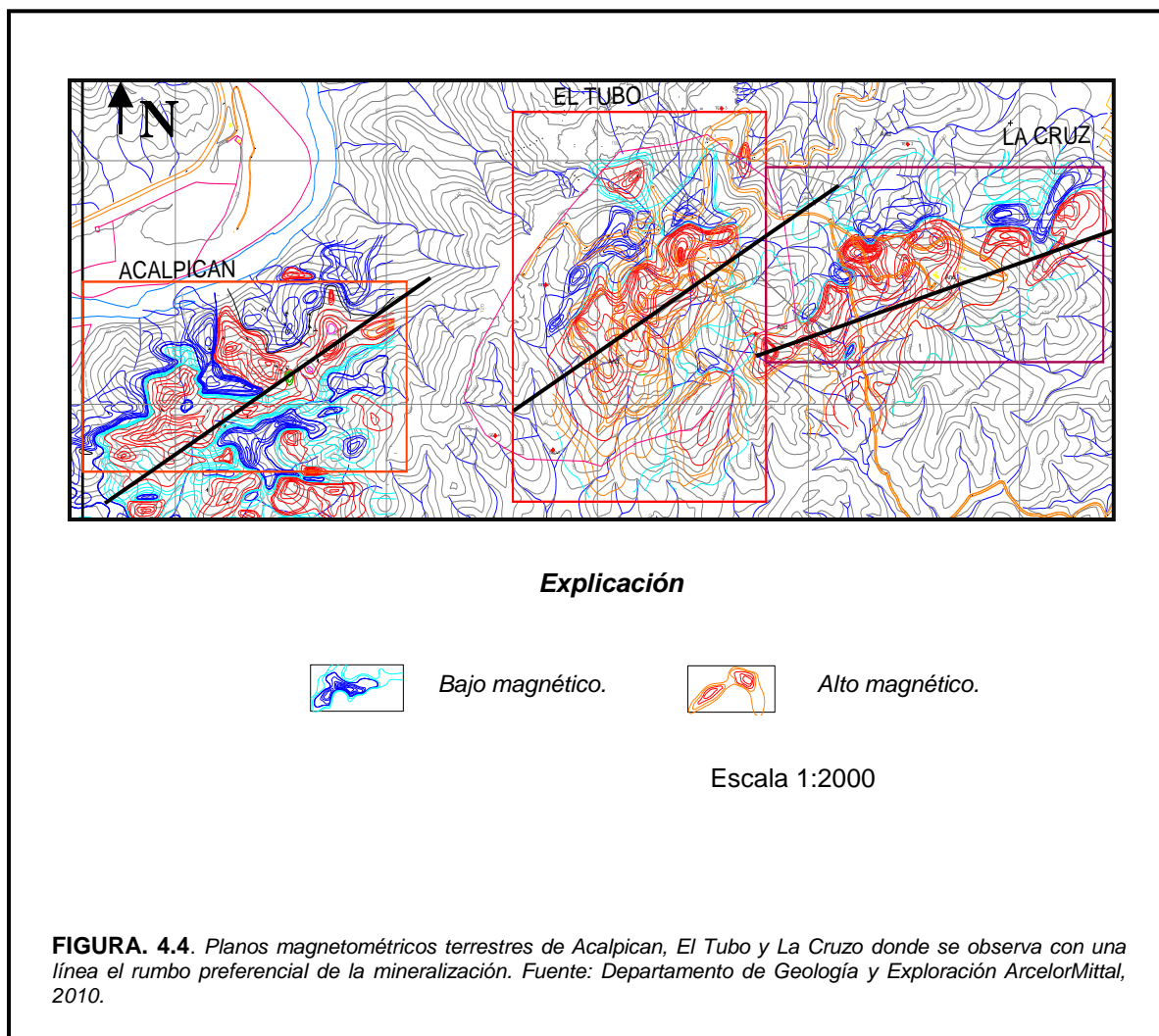
Con base en los afloramientos de mineral encontrados dentro del área de estudio (Acalpican, El Tubo y La Cruz) y con los valores anómalos registrados de los dipolos magnéticos en el plano magnetométrico terrestre que se realizó en dicha área, se determinó una tendencia anómala que detecta un cuerpo para cada área con fuertes fallamientos correspondientes a seccionamientos de las anomalías y desplazamientos de las estructuras mineralizadas, como se observa en la figura 4.3, “plano de interpretación litológica-estructural”.



Se determinó que el yacimiento El Tubo es la parte central de un cuerpo tabular mineralizado con un rumbo preferencial NE-SW, el cual sufrió ruptura debido al proceso de tectonismo y al emplazamiento de cuerpos plutónicos que afectaron al Distrito Las Truchas, teniendo hacia el poniente el cerro La Cruz y hacia el oriente el cerro Acalpican, como se aprecia en la figura 4.4, plano magnetométrico terrestre.

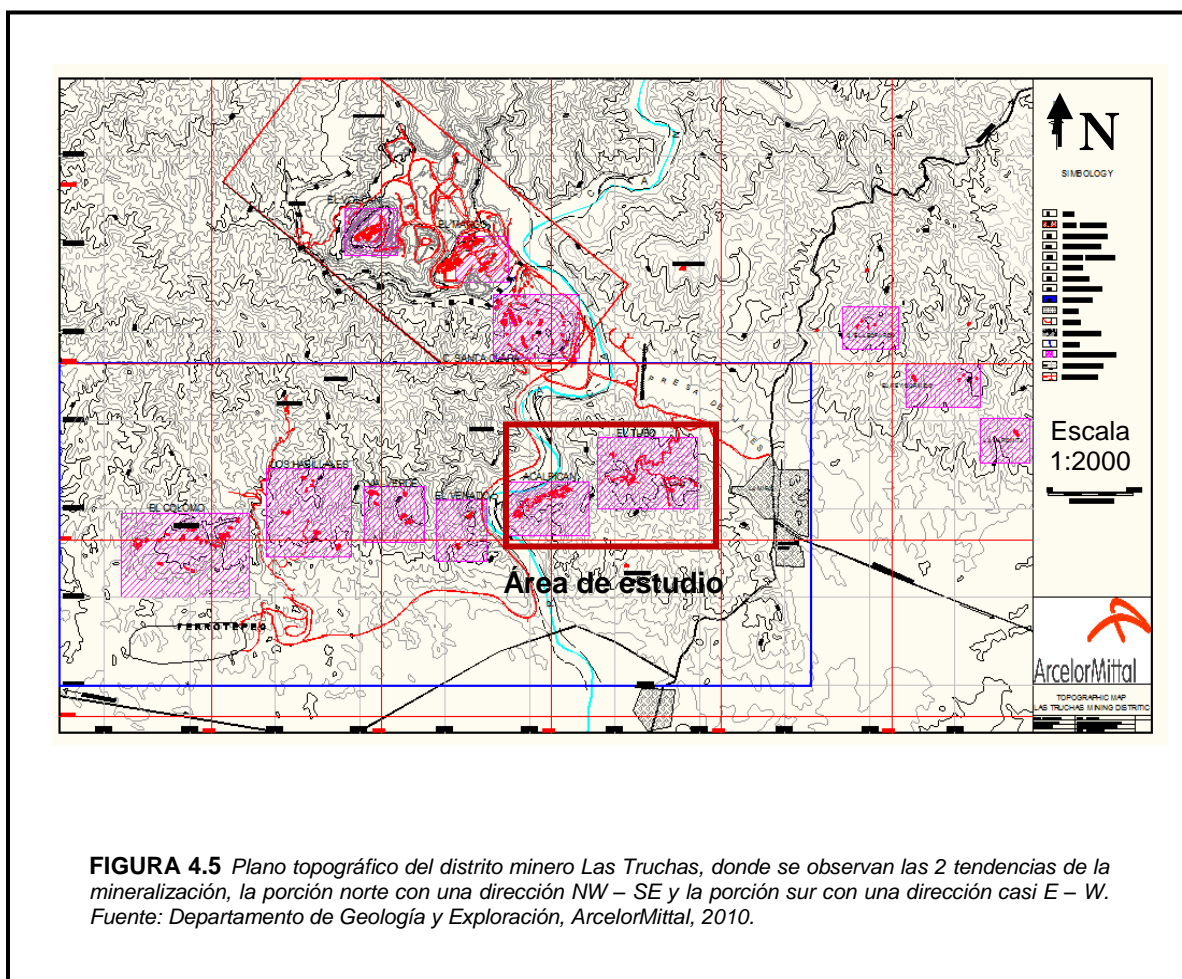
Tanto el cuerpo de Acalpican como de El Tubo tienen una tendencia anómala principal con rumbo preferencial NE-SW y con una inclinación al SE.

En tanto que el cuerpo de La Cruz su tendencia anómala principal tiene un rumbo preferencial casi E-W con una inclinación hacia el SW.



IV.4.- MINERALIZACIÓN

La mineralización se encuentra emplazada en andesitas, calizas, *hornfels* y *skarn* de granate, alojada en dos franjas de mineralización convergentes en su porción E.



Una está situada en la porción norte, presenta un rumbo preferencial NW-SE, comprende desde el área de El Volcán, El Mango y Santa Clara, como se aprecia en el plano topográfico del Distrito Las Truchas, figura 4.5. La mineralización de los yacimientos es masiva, de límites bien definidos y estructuralmente se encuentran en bloques aislados e intrusionados por diques de composición aplítica y andesítica, como se pueden apreciar en las fotografías IV.A, IV.B, IV.C y IV.D.

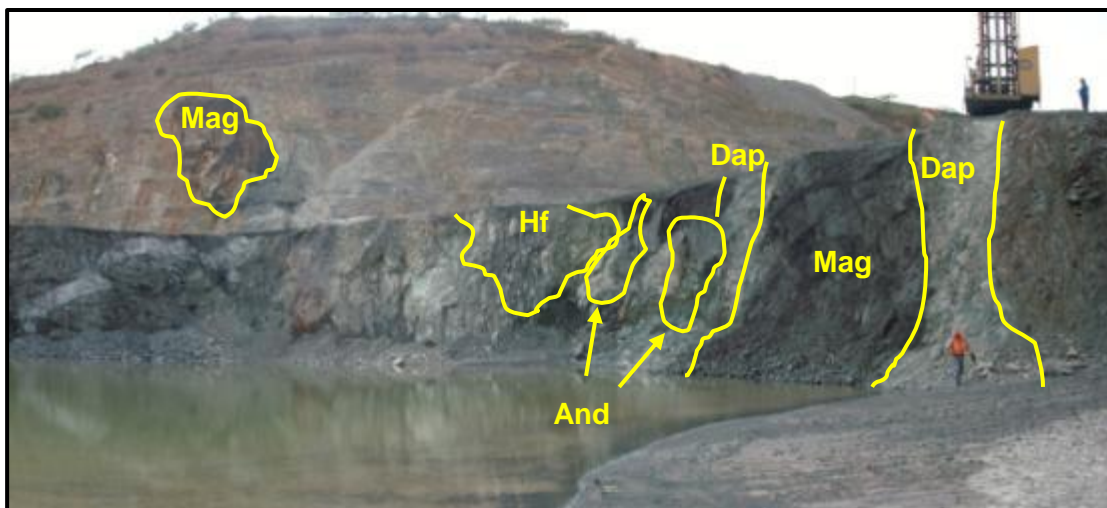
FOTOGRAFÍAS



IV.A. Frente de mineral, mina El Mango, donde se observa el contacto entre un dique de composición aplítica color blanco y el mineral magnetita de color gris oscuro con textura masiva y compacta, el contacto entre ellos es nítido y el bloque del mineral se encuentra bien definido.



IV.B. Detalle del cuerpo de mineral (de color gris oscuro) en el que se aprecia el contacto nítido con la roca caja (hornfels).



IV.C. Panorámica hacia el norte que muestra los cuerpos de mineral (de color negro) en mina El Mango. Se observa la mineralización emplazada en la secuencia vulcanosedimentaria, teniéndose contacto con la roca andesítica (verde claro) y el hornfels (verde oscuro,) siendo cortadas por los diques de composición aplítica que se observan en color blanco.



IV.D. Vista hacia el norte de la mina El Volcán en donde se pueden observar los cuerpos de mineral bien definidos (de color negro), emplazados en la secuencia vulcanosedimentaria y que son cortados por los diques de composición aplítica en color blanco, en la parte superior izquierda se observa un paquete de rocas calizas.

La otra está situada en la porción sur, tiene un rumbo preferencial E-S, comprende al antiguo yacimiento de Ferrotepec, Tazas, Habillales, Venado-Valverde, Acalpican, El Tubo y La Cruz, como se aprecia en la figura 4.5. La mineralización de estos depósitos se presenta de manera masiva, diseminada con textura de *islas y mares*, brechoide y en vetillas tipo *stockwork*.

En el *skarn*, la magnetita ocurre reemplazando al granate, y en el fallamiento pre mineral, combinado con el control litológico selectivo de horizontes, así como fracturillas asociadas con rocas calcoalcalinas, reemplaza a los piroxenos y rellena intersticios, dando como resultado una apariencia brechoide, con islas de *skarn* rodeadas de mineral.

La ocurrencia, forma y disposición está considerada como de metasomatismo de contacto, con 2 grandes controles de mineralización. Uno de tipo litológico, por reemplazamiento de horizontes selectivos skarnificados a partir de tobas y brechas en el que el *hornfels* funge como roca encajonante. Otro de tipo estructural, es decir, ocurre rellenando fallas y fracturas dentro del *hornfels* y el *skarn*.

Los cuerpos mineralizados del área de estudio (Acalpican, El Tubo y La Cruz) consisten en un *skarn* de granate que se encuentra mineralizado por magnetita diseminada, sulfuros tales como pirita y escasa calcopirita, calcita. Superficialmente consiste de hematita, producto de procesos supergénicos y que va cambiando a magnetita en relación directamente proporcional a la profundidad, como se observan en las fotografías IV.E y IV.F.

La brecha mineralizada consiste de fragmentos de *skarn* de granate y *hornfels* incluidos en una matriz de magnetita, en la cual se presentan cristales octaédricos. Los clastos de la roca caja están orientados en la dirección del flujo de ascenso de la mineralización, constituido por cristales de epidota como mineral de alteración posible. Posterior a este evento de mineralización se observan pequeñas zonas de feldespato potásico como última etapa de formación, como se aprecia en las fotografías IV.G y IV.H.

La zona *stockwork* consiste en vetillas de 3 a 5 cm de espesor que se llegan a observar en el talud, camino hacia el proyecto El Tubo, como se aprecia en las fotografías IV.I y IV.J.

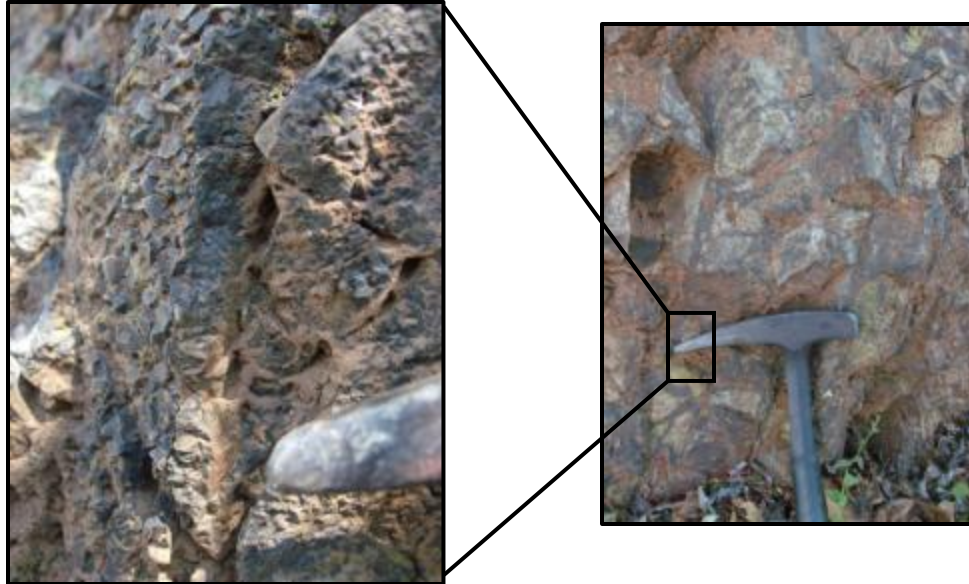
FOTOGRAFÍAS



IV.E Panorámica hacia el NE, camino hacia el proyecto El Tubo, se observa el mineral diseminado (color negro) en skarn de granate, la cual presenta un color pardo.



IV.F. Skarn de granate mineralizado que presenta un color pardo y donde se observa la textura de islas y mares.



IV.G. Brecha mineralizada, donde se observan los fragmentos de skarn cementados en mineral de hierro. Se observan pequeños cristales octaédricos de magnetita en color negro.



IV.H. Brecha mineralizada, en donde se observan la alineación de los clastos de hornfels cementados en mineral de hierro.



IV.I. Zona de stockwork con el skarn donde se observan vetillas de magnetita.



IV.J. Muestra de núcleo de barreno, tomada del barreno no. 54 del yacimiento El Tubo, con una profundidad de 420 m, se observa como la magnetita se encuentra reemplazando a la actinolita, ya que la magnetita está adquiriendo la textura radial de la actinolita.

IV.5.- MINERALOGÍA

Los principales minerales hipogénicos de mena que constituyen los cuerpos masivos, son en orden de abundancia: magnetita, hematita, especularita, pirita y calcopirita. Estos cuerpos tienen una ley media de alrededor del 46 % (SICARTSA 2002). Estos lineamientos se encuentran bordeando a cuerpos intrusivos y por consecuencia las concentraciones ferríferas están en estrecha relación con rocas de composición granodiorítica-diorítica.

La alteración principal en el distrito lo constituyen las zonas de *skarn* de granate, las cuales están íntimamente relacionadas con los cuerpos de hierro, siendo una importante guía para la prospección minera dentro de éste.

La posición que guardan las menas ferríferas entre el intrusivo granodiorítico que afecta la secuencia cretácica volcánica y los sedimentos marinos calcáreos, sugiere un origen de infiltración magmática que en su formación afectó con metasomatismo a las rocas encajonantes, resultando las zonas de *skarn* y *hornfels* conocidas en el distrito.

La asociación mineralógica de la zona de *skarn* es magnetita, andradita, calcita, actinolita, epidota y pirita-calcopirita.

IV.6.- GÉNESIS

La integración de una hipótesis sobre la génesis, no sólo de los proyectos en cuestión, sino de todo el distrito minero Las Truchas ha sido tema de controversia, manejándose varias teorías, la primera sostiene un origen metasomático (COREMI. 1964, IMP, 1981).

El análisis de trabajos anteriores, la compilación bibliográfica y la nueva información generada permiten hacer la siguiente consideración:

El *skarn* y el *hornfels* se desarrollan por una presumible solución hidrotermal capaz de transportar por varios cientos de metros cantidades considerables de sílice, aluminio y elementos metálicos que reaccionan con la roca invadida provocando la formación de

nuevos minerales (Shimazaki, 1981). Los minerales desarrollados por este proceso dependen entonces de las condiciones físico-químicas del medio que en que ocurren las reacciones y de la composición de la roca invadida, lo que puede originar una zonación mineral que se traduce en una zonación litológica.

Esta solución hidrotermal avanza como un frente de ataque sobre la roca favorable (Jensen, 1981) y debe también conducirse con mayor facilidad a través de canales preexistentes juntas, contactos o zonas de debilidad tectónica.

De acuerdo con lo anterior, se considera que un depósito tipo *skarn*, se origina en 2 etapas asociadas genética y espacialmente, pero separadas en tiempo, ambas provocadas por una solución hidrotermal que proviene de un proceso de diferenciación magmática; la primera provoca una preparación o skarnificación de la roca, que posteriormente quedará sujeta a un proceso de reemplazamiento por una solución rica en elementos metálicos o mineralización.

Durante el Cretácico Inferior y Cretácico Superior, se inicia la Orogenia Laramide, con la que se asocia la intrusión de grandes masas batolíticas, producidas por un arco magmático activo, estas intrusiones levantan y afectan la zona terminando con la sedimentación marina mesozoica.

Los resultados locales de este evento se manifiestan por un proceso metamórfico que trajo consigo la formación de *hornfels* y *skarn* de la roca piroclástica y calcárea de la Formación Tepalcatepec, al entrar en contacto con intrusivos granodioríticos. Los derrames andesíticos se comportan como rocas resistentes al metamorfismo, quedando sus máficos cloritizados y las plagioclasas argilitizadas y sericitizadas.

Estas intrusiones durante el proceso de emplazamiento provocaron efectos metamórficos y metasomáticos en las rocas invadidas a causa de la aportación de calor y soluciones hidrotermales, formando, principalmente la intrusión de la Formación Tepalcatepec, un halo de alteración.

La alteración varia de intensidad dependiendo del tipo de roca y de controles estructurales, encontrándose así metandesitas, piroclastos con alteración hidrotermal de bajo grado, andesitas con débil alteración hidrotermal y rocas prácticamente sin alterar.

En el área del yacimiento El Tubo, la zona metamórfica se extiende en una franja de amplitud variable con rumbo medio al N60°E, se desarrollo principalmente sobre la Formación Tepalcatepec, justamente en el contacto de los piroclastos y derrames andesíticos. Presenta una clara zonación consistente en el desarrollo de un *skarn* de granate sobre un lente calcáreo, encajona a un *hornfels* de piroxeno que gradúa hacia la roca encajonante que exhibe débil alteración hidrotermal.

Longitudinalmente se extiende en una tendencia de rumbo E-W, indicando por anomalía magnética, y a profundidad persiste concordantemente con la pseudoestratificación hasta terminar por acuñamiento.

Los estudios de secciones delgadas permiten identificar 4 fases de actividad hidrotermal asociadas al proceso metasomático:

- I. Consiste en el desarrollo de un *hornfels* con feldespato, cuarzo y piroxenos de la serie diopsida-hedembergita.
- II. El desarrollo de un *skarn* de grosularia-andradita sobre la porción central en la que se observa crecimiento del granate por reemplazo de hedembergita.
- III. La introducción de calcita y magnetita reemplazando granates.
- IV. Caracterizada por una incipiente introducción de calcopirita. Se tienen 2 etapas de introducción de la pirita, anterior y posterior a la magnetita, pero no fue posible ubicarlas con exactitud.

Estos procesos provocaron la formación de cuerpos vetiformes de magnetita masiva y disseminada en el *skarn* y disseminación en el *hornfels*.

Las texturas de islas y mares observadas al microscopio, así como las relaciones petrográficas y la ocurrencia en el campo, hacen considerar que los proyectos en estudio están dentro de los depósitos de reemplazamiento metasomático.

V.- PROGRAMA DE BARRENACIÓN A DIAMANTE

V.1.- OBJETIVO

Confirmar y/o modificar con el mínimo metraje de barrenación a diamante, el incremento de recursos de mineral inferidos, para que estos se vuelvan recursos de mineral medido, (JORC, 2004), así como la certificación de estos últimos, para obtener un plan de minado para las reservas minables (reservas probadas de mena, JORC, 2004), identificando los parámetros dimensionales básicos de la estructura mineralizada.

V.2.- ESTRATEGIA

La selección de localidades de barrenación a diamante está apoyada con información geológica-geofísica obtenida en campo y con el análisis a los trabajos realizados anteriormente.

Para la selección de las líneas de sección se definió para cada estructura su eje principal, y perpendicular a éste se trazaron sus líneas de sección equidistantes a 50 m a partir del centro geométrico de la estructura.

Los barrenos prioritarios o iniciales se ubicaron en la porción central de cada estructura. Para cada barreno programado se incluye una sección geológica donde se menciona el pronóstico particular.

El programa de barrenación a diamante consiste de dos fases:

- a) La primera con 68 barrenos y un total de 21,760 m.
- b) La segunda con 35 barrenos y un total de 18,841 m.

Para los proyectos de El Tubo y La Cruz los barrenos son verticales, por la tendencia que presentan los cuerpos mineralizados a profundidad, analizados en las secciones

geológicas y en el modelo geológico de El Tubo, que fueron realizados con anterioridad por el departamento de geología y exploración, en donde se determinó que los cuerpos son tabulares y con una inclinación que van de los 45° a los 60°, con dirección al SE.

Para el caso del proyecto de Acalpican los barrenos proyectados son inclinados, los cuales varían de los 45° a los 70°, por la interpretación que se dio a los cuerpos mineralizados, se presentan de forma tabular y con una dirección de inclinación que va de los 50° a los 60°, hacia el SE, pero que tienden a la verticalidad a mayor profundidad, estos también fueron analizados con respecto a las secciones geológicas realizadas en estudios previos por el departamento de geología y exploración.

V.3.- CLASIFICACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

Un **Recurso Mineral** es una concentración u ocurrencia de interés económico intrínseco dentro o fuera de la corteza terrestre en forma y cantidad tal como para demostrar que hay perspectivas razonables para una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, contenido metálico, características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan desde una evidencia y conocimiento geológicos específicos (JORC, 2004).

Los Recursos Minerales se subdividen, según confianza geológica ascendente, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.

Un **Recurso Mineral Inferido** es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje y contenido metálico con un bajo nivel de confianza. Se le infiere por la evidencia geológica y se le asume, pero no se verifica la continuidad geológica y/o el contenido metálico. Se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas de afloramientos, zanjas, cateos, calicatas, barrenos de perforación que pueden ser limitados o de incierta calidad y confiabilidad (JORC, 2004).

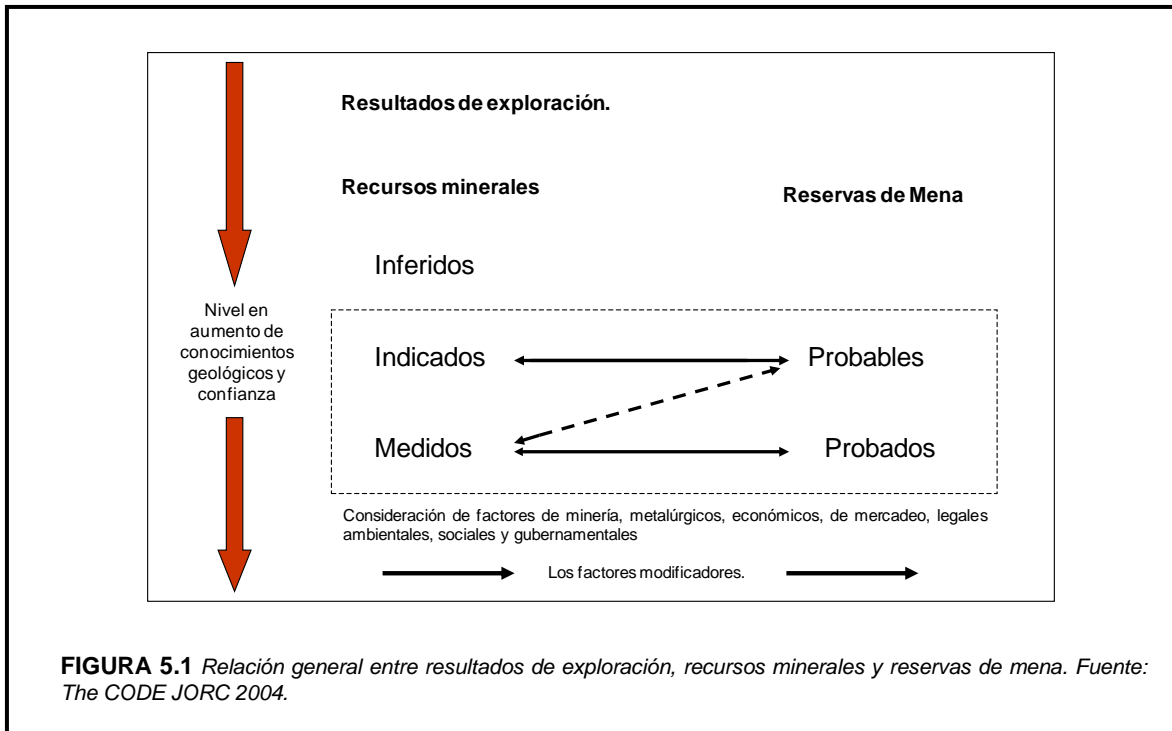
Un recurso mineral inferido tiene un menor nivel de confianza del que se aplica a un recurso mineral indicado.

Un Recurso Mineral Indicado tiene un menor nivel de confianza del que se le aplica a un Recurso Mineral Medido, pero tiene mayor nivel de confianza al que se le aplica a un Recurso Mineral Inferido.

Un **Recurso Mineral Indicado** es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, peso específico del mineral, la forma, las características físicas y por medio de técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, calicatas, trincheras, pozos y barrenos de perforación. Los lugares de muestreo y estudio se encuentran muy distanciados el uno del otro o distanciados de manera inapropiada como para confirmar la continuidad geológica y/o del contenido metálico, pero se encuentran lo suficientemente próximos el uno del otro como para asumir dicha continuidad (JORC, 2004).

Un **Recurso Mineral Medido** es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, el peso específico del mineral, la forma, las características físicas, y el contenido metálico con un alto nivel de confianza. Se basa en una información detallada y confiable de la exploración, del muestreo y evidencias, reunidas por medio de técnicas apropiadas en lugares tales como afloramientos, zanjas, calicatas, trincheras, pozos y barrenos de perforación. Los lugares de muestreo y estudio se encuentran lo suficientemente próximos el uno del otro como para confirmar una continuidad geológica y/o del contenido metálico (JORC, 2004).

El escoger la categoría apropiada para el recurso mineral depende de la cantidad, distribución y la calidad de los datos disponibles y del nivel de confianza que de ellos se deriva. Una persona o personas calificadas debe(n) determinar la categoría apropiada del recurso mineral.



Las palabras “mena” y “reservas” no deben de utilizarse al declarar estimaciones de un Recurso Mineral ya que dichos términos implican factibilidad técnica y viabilidad económica y son apropiados solamente cuando todos los factores técnicos, económicas, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales relevantes han sido tomados en cuenta.

Una **Reserva de Mena** es la parte económica explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye los factores de dilución y tolerancias por pérdidas que pueden ocurrir cuando se explota el mineral. Considera que se han llevado a cabo evaluaciones apropiadas que podrían incluir estudio de factibilidad e incluyen tomar en cuenta factores mineros, metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. En el momento de la presentación del informe estos artículos demuestran que la explotación podría justificarse razonablemente. Las Reservas de Mena se subdividen según un orden de mayor confianza en Reservas Probables de Mena y Reservas Probadas de Mena (JORC, 2004).

Una **Reserva Probable de Mena** es la parte explotable de un Recurso Mineral Indicado, y en algunas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Incluye materiales que se diluyen y tolerancias de pérdidas que pueden ocurrir cuando se extrae el material, y que se han llevado a cabo cálculos apropiados que pueden incluir estudios de factibilidad y toman en cuenta factores mineros, metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. En el momento de la presentación del informe estos cálculos demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente (JORC, 2004).

Una **Reserva Probada de Mena** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye materiales que se diluyen y pérdidas que pueden ocurrir cuando se extrae el material y que se han llevado a cabo cálculos apropiados que pueden incluir estudios de factibilidad y toman en cuenta factores mineros metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. En el momento de la presentación del informe estos cálculos demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente (JORC, 2004).

V.4.- PROGRAMA

El programa consiste de un total de 103 barrenos de diamante con un alcance total de 40,601 m, en diámetros NQ (7.5 cm) y BQ (6 cm), con maquinas de perforación Long-Year modelos 38 y 44, los cuales estarán distribuidos en los proyectos de Acalpican, El Tubo y La Cruz, ver tabla 5.1, siendo el plazo de ejecución de 6 meses, ajustándose a los eventos que se presenten durante la barrenación.

PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE				
	Acalpican	El Tubo	La Cruz	Total
	Barrenos / Metros [m]	Barrenos / Metros [m]	Barrenos / Metros [m]	
Fase 1	35 / 8,560	12 / 7,200	21 / 6,000	68 / 21,760
Fase 2	12 / 8,391	23 / 10,450	-	35 / 18, 841
			Gran Total	103 / 40,601

TABLA 5.1 Programa de barrenos para los proyectos Acalpican, El Tubo y La Cruz. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

Cada proyecto consiste en un programa de barrenación a diamante, para el caso de La Cruz sólo cuenta con 1 fase, para Acalpican y El Tubo, cuentan con 2 fases, siendo la segunda fase condicionada a los resultados de la primera fase.

El programa para los 3 proyectos tiene el propósito de obtener un incremento de los recursos inferidos (JORC, 2004), como se observa en la tabla 5.2, así como delimitar con mayor certidumbre el cuerpo mineral, tener un control en la dirección de la mineralización, así como el de establecer un modelo geológico.

Proyecto	Recursos Inferidos (millones de toneladas)	No. de barrenos	Metros [m]
Acalpican	12,000,000	35	8,560
El Tubo	15,000,000	12	7,200
La cruz	10,000,000	21	6,000

TABLA 5.2 Incremento de recursos inferidos. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

La suma del incremento de recursos inferidos de los 3 proyectos es de 37 Mt, representando un 31.3 % de los 118 Mt de recursos de mineral medidos en el distrito mineros Las Truchas, con una ley promedio de Fe mag de 27.08 % y Fe total de 38.47 %.

V.4.1.- PROGRAMA EL TUBO

El proyecto El Tubo consiste en un programa de 2 fases de barrenación a diamante; la primera con 12 barrenos, con un total de 7,200 m, y la segunda con 23 barrenos, y un total de 10,450 m, tablas 5.3 y 5.4. En ambas fases los barrenos son verticales, y con profundidades que van de los 250 m a los 600 m de profundidad, esto con el fin de poder determinar la continuidad del cuerpo de mineral a mayor profundidad

La primera fase está programada en el lado SE del cuerpo de mineral, con base en el análisis de secciones y planos geológico-magnetométricos (SICARTSA 2002), en donde el cuerpo mineral presenta un buzamiento preferencial hacia esta dirección.

PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE, PROYECTO EL TUBO (1ra FASE)								
D.D.H.	Coordenadas			Profundidad (m)	Azimut	Inclinación de grados	Sección	Observaciones
	X	Y	Z					
T-C	781,057	1,996,034	176	600	-	-90°	3	Incremento reservas
T-D	781,079	1'996,083	226	600	-	-90°	4	Incremento reservas
T-E	781,113	1'996,120	212	600	-	-90°	5	Incremento reservas
T-F	781,165	1'996,070	178	600	-	-90°	5	Incremento reservas
T-G	781,142	1'996,145	206	600	-	-90°	6	Incremento reservas
T-H	781,196	1'996,176	261	600	-	-90°	7	Incremento reservas
T-I	781,249	1'996,194	200	600	-	-90°	8	Incremento reservas
T-J	781,202	1'996,241	224	600	-	-90°	8	Incremento reservas
T-K	781,281	1'996,226	220	600	-	-90°	9	Incremento reservas
T-L	781,275	1'996,302	220	600	-	-90°	10	Incremento reservas
T-M	781,311	1'996,275	262	600	-	-90°	10	Incremento reservas
T-N	781,399	1,996,258	262	600	-	-90°	11	Incremento reservas
TOTAL				7,200				

TABLA 5.3 Programa de barrenación a diamante primera fase, proyecto El Tubo. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE, PROYECTO EL TUBO (2da FASE)								
D.D.H.	Coordenadas			Profundidad (m)	Azimut	Inclinación de grados	Sección	Observaciones
	X	Y	Z					
T-a	780,977	1,995,901	142	600	-	-90°	0	Incremento reservas
T-b	781,014	1,995,865	127	600	-	-90°	0	Incremento reservas
T-c	781,040	1,995,910	134	600	-	-90°	1	Incremento reservas
T-d	780,960	1,995,988	134	300	-	-90°	1	Incremento reservas
T-e	781,051	1,995,969	146	600	-	-90°	2	Incremento reservas
T-f	780,977	1,996,042	140	400	-	-90°	2	Incremento reservas
T-g	780,938	1,996,080	140	250	-	-90°	2	Incremento reservas
T-h	781,094	1,995,997	160	550	-	-90°	3	Incremento reservas
T-i	781,021	1,996,069	184	500	-	-90°	3	Incremento reservas
T-j	781,115	1,996,047	146	550	-	-90°	4	Incremento reservas
T-k	781,153	1,996,012	146	550	-	-90°	4	Incremento reservas
T-l	781,047	1,996,114	203	550	-	-90°	4	Incremento reservas
T-m	781,076	1,996,154	223	550	-	-90°	5	Incremento reservas
T-n	781,055	1,996,224	225	500	-	-90°	6	Incremento reservas
T-ñ	781,188	1,996,166	192	450	-	-90°	6	Incremento reservas
T-o	781,162	1,996,211	220	450	-	-90°	7	Incremento reservas
T-p	781,126	1,996,246	250	450	-	-90°	7	Incremento reservas
T-q	781,093	1,996,277	235	450	-	-90°	7	Incremento reservas
T-r	781,125	1,996,317	235	350	-	-90°	8	Incremento reservas
T-s	781,089	1,996,351	227	300	-	-90°	8	Incremento reservas
T-t	781,242	1,996,342	260	300	-	-90°	10	Incremento reservas
T-u	781,379	1,996,279	243	350	-	-90°	11	Incremento reservas
T-v	781,270	1,996,385	247	250	-	-90°	11	Incremento reservas
			TOTAL	10,450				

TABLA 5.4 Programa de barrenación a diamante segunda fase, proyecto El Tubo. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

La segunda fase está programada en el lado SE y NW del cuerpo de mineral, ambos sujetos a los resultados que se obtengan de la primera fase, esto con el propósito de obtener mayor certidumbre de las dimensiones del cuerpo mineralizado y de los recursos indicados.

La ubicación de barrenos se puede apreciar en los planos magnetométrico terrestre y geológico-magnetométrico terrestre, figuras 5.2 y 5.3

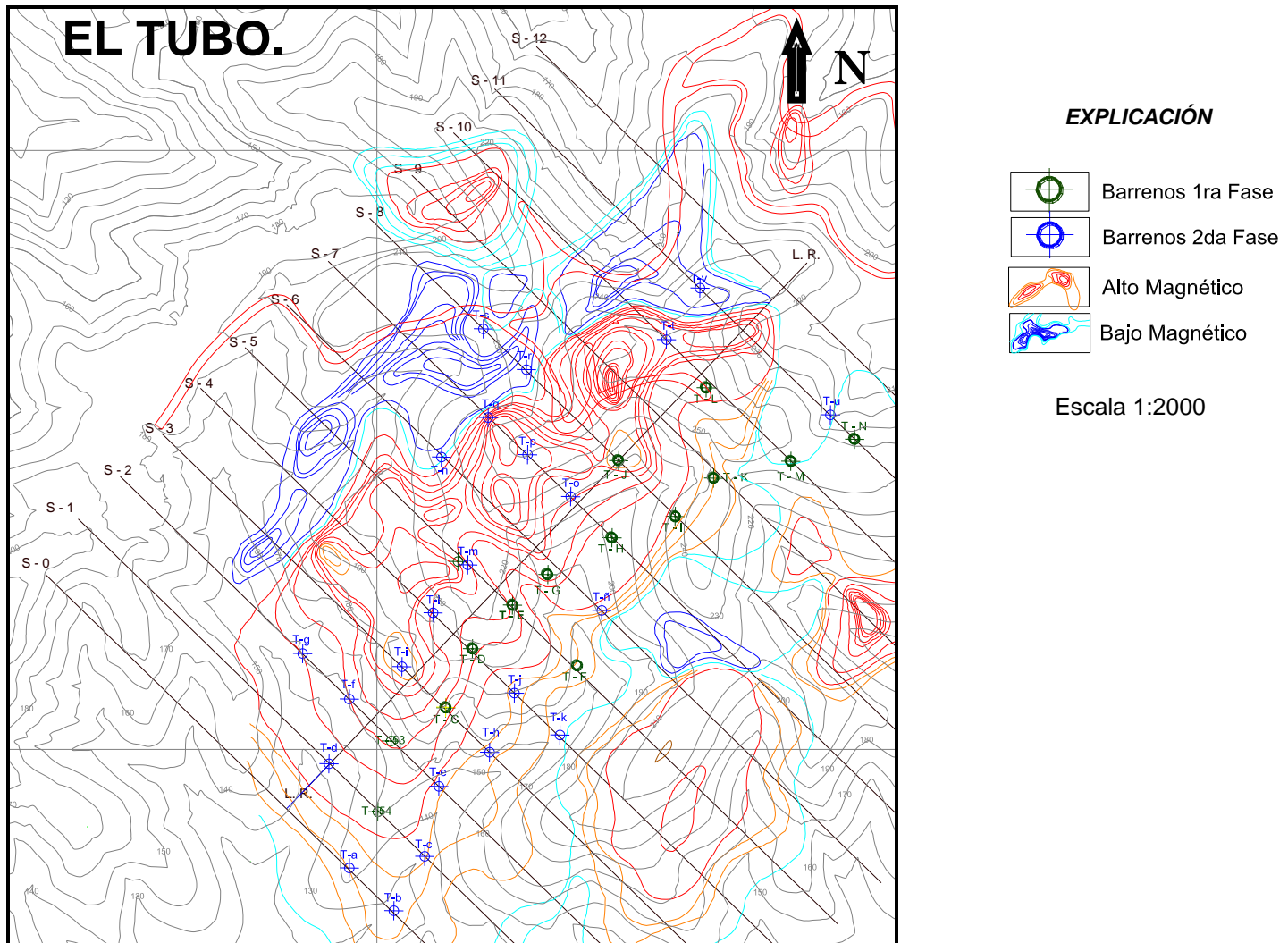


FIGURA 5.2 Plano magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase, proyecto El Tubo. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

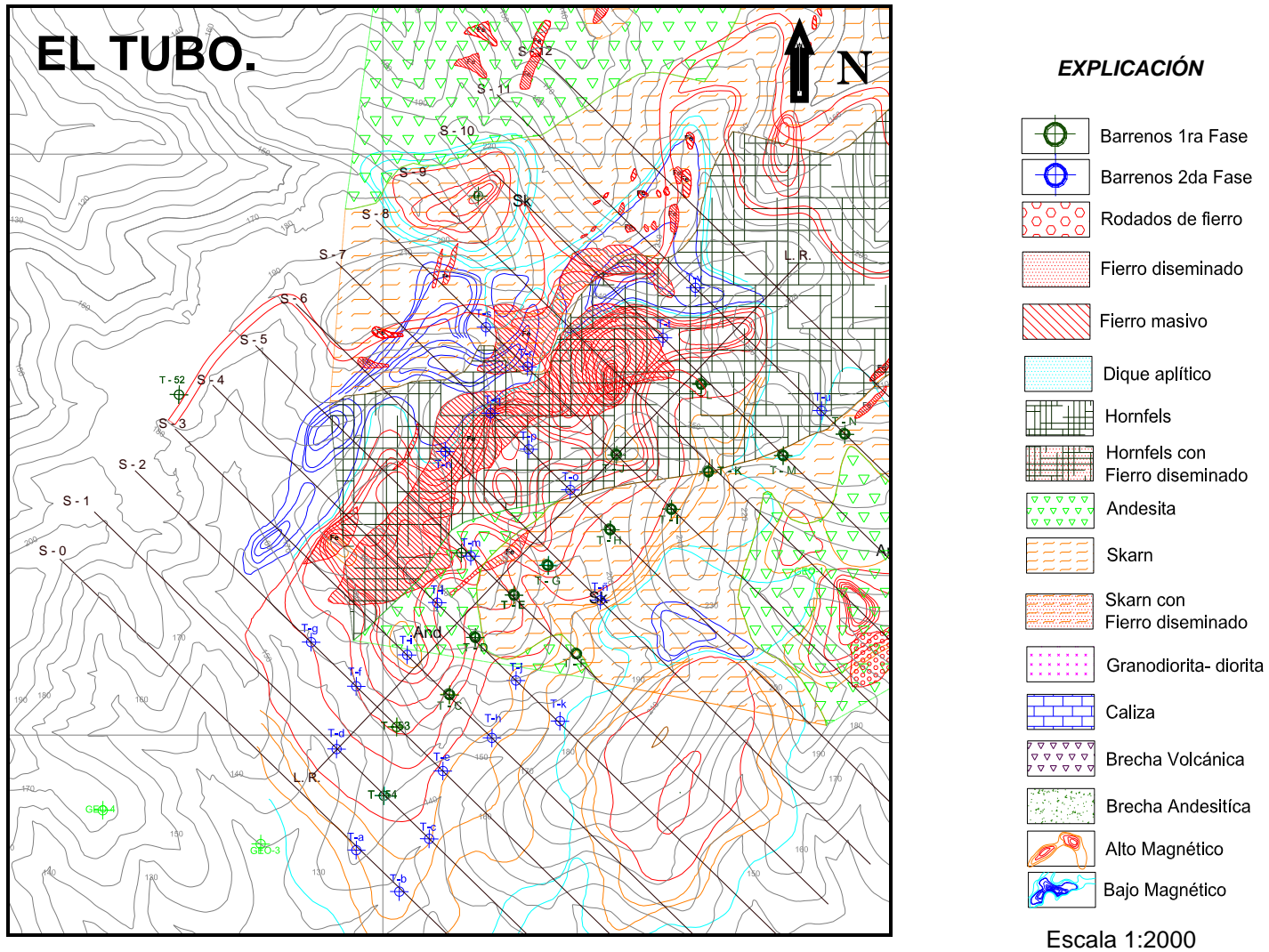


FIGURA 5.3 Plano geológico-magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase, proyecto El Tubo. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

V.4.2.- PROGRAMA LA CRUZ

El programa de barrenación a diamante del proyecto La Cruz, consiste de una sola fase, con 21 barrenos y con un total de 6,000 m, ver tabla 5.5, en donde los barrenos son verticales y con profundidades que van de los 200 m a los 400 m de profundidad.

PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE, PROYECTO LA CRUZ (1ra FASE)								
D.D.H.	Coordenadas			Profundidad (m)	Azimut	Inclinación de grados	Sección	Observaciones
	X	Y	Z					
C - a	781,409	1'996,106	180	200	-	-90°	1	Incremento de reservas
C - b	781,501	1'996,078	165	200	-	-90°	2	Incremento de reservas
C - c	781,502	1'996,152	190	200	-	-90°	3	Incremento de reservas
C - d	781,572	1'996,158	190	200	-	-90°	4	Incremento de reservas
C - e	781,610	1'996,196	166	200	-	-90°	5	Incremento de reservas
C - f	781,698	1'996,178	183	200	-	-90°	6	Incremento de reservas
C - g	781,654	1'996,222	158	200	-	-90°	6	Incremento de reservas
C - h	781,666	1'996,284	175	200	-	-90°	7	Incremento de reservas
C - i	781,732	1'996,288	186	200	-	-90°	8	Incremento de reservas
C - j	781,770	1'996,324	209	200	-	-90°	9	Incremento de reservas
C - k	781,840	1'996,326	221	200	-	-90°	10	Incremento de reservas
C - l	781,930	1'996,306	208	300	-	-90°	11	Incremento de reservas
C - m	781,982	1'996,322	220	300	-	-90°	12	Incremento de reservas
CX - a	781,547	1'996,107	179	400	-	-90°	3	Incremento de reservas
CX - b	781,683	1'996,122	188	400	-	-90°	5	Incremento de reservas
CX - c	781,745	1'996,131	222	400	-	-90°	6	Incremento de reservas
CX - d	781,717	1'996,232	196	400	-	-90°	7	Incremento de reservas
CX - e	781,767	1'996,183	220	400	-	-90°	7	Incremento de reservas
CX - f	781,790	1'996,230	226	400	-	-90°	8	Incremento de reservas
CX - g	781,968	1'996,266	224	400	-	-90°	11	Incremento de reservas
CX - h	782,042	1'996,262	196	400	-	-90°	12	Incremento de reservas
			TOTAL	6,000				

TABLA 5.5 Programa de barrenación a diamante primera fase, proyecto La Cruz. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

La ubicación de los barrenos está soportada por los planos de magnetometría terrestre (SICARTSA 2002), teniéndose la mayor concentración de barrenos hacia el NW, siendo esto por la posible conexión entre el cuerpo mineral El Tubo con La Cruz, como se aprecia en los planos magnetométrico terrestre y geológico-magnetométrico terrestre, figuras 5.4 y 5.5 respectivamente.

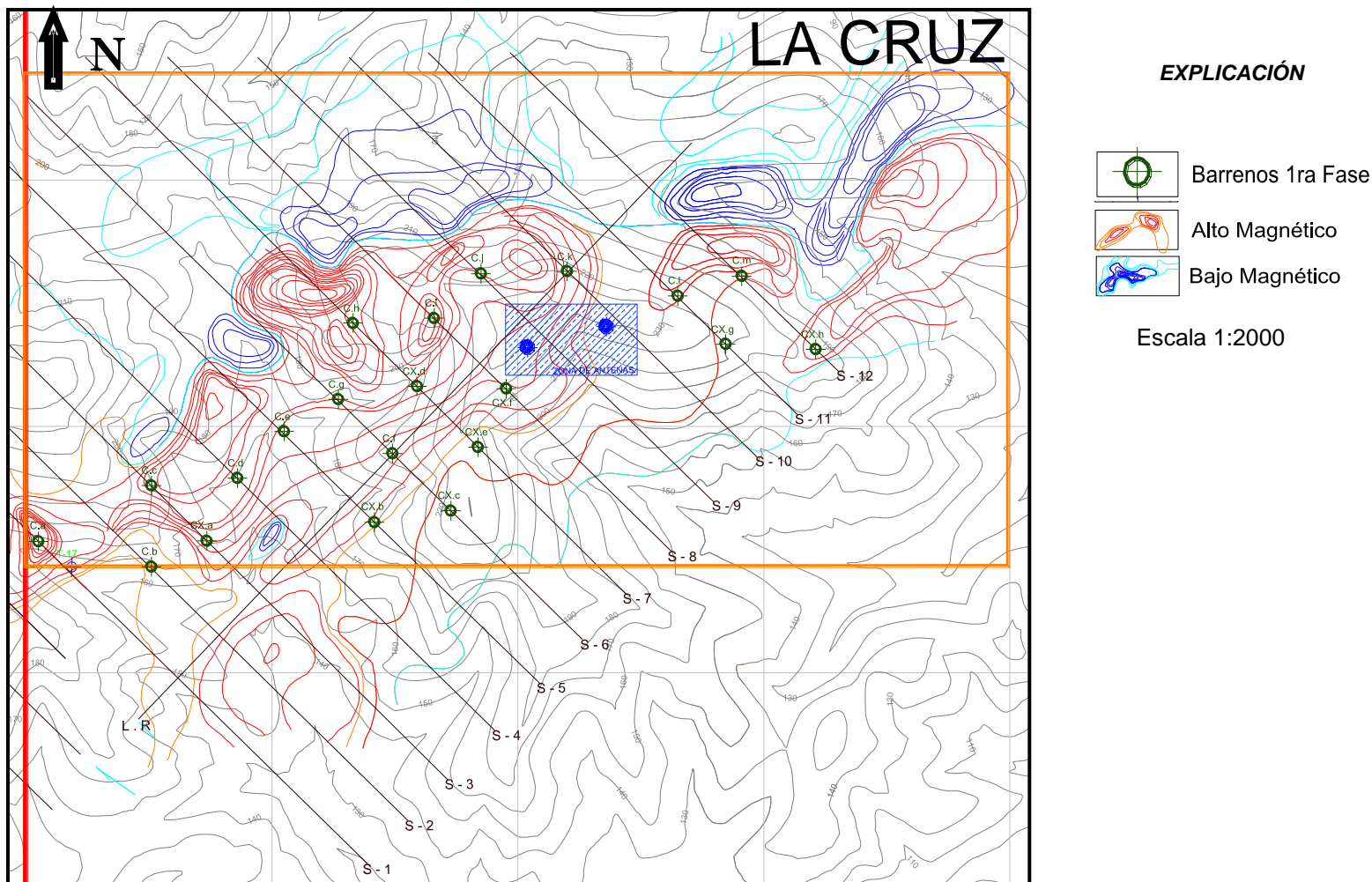


FIGURA 5.4 Plano magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos primera fase, proyecto La Cruz. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

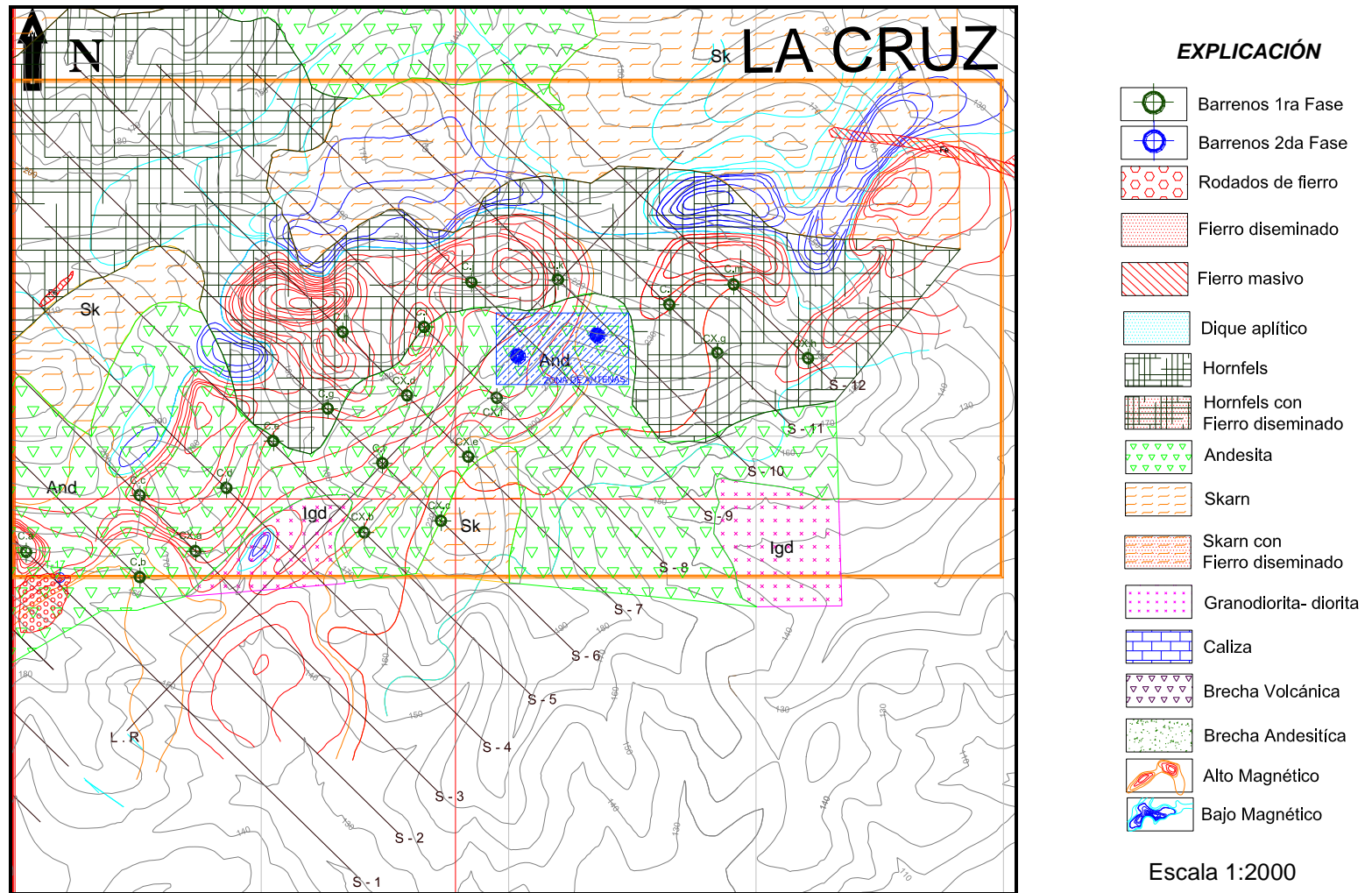


FIGURA 5.5 Plano geológico-magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos primera fase, proyecto La Cruz. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

V.4.3.- PROGRAMA ACALPICAN

En lo que respecta al proyecto de Acalpican, la mayoría de barrenos son inclinados, con ángulos que van de los 45° a los 70°, esto con base, en el análisis de las secciones geológicas realizadas en estudios anteriores por el departamento de geología y exploración, en donde se aprecian los cuerpos de mineral son tabulares, los cuales van tendiendo a la verticalidad a mayor profundidad. El programa de barrenación consta de 2 fases; la primera con 35 barrenos y con un total de 8,560 m, la segunda con 12 barrenos y un total de 8,391 m, como se observan en las tablas 5.6 y 5.7.

PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE , PROYECTO ACALPICAN (1ra FASE)								
D.D.H.	Coordenadas			Profundidad (m)	Azimu	Inclinación de grados.	Sección	Observaciones
	X	Y	Z					
AC-A	779,828	1,995,902	-	100	305°	-55°	1	Incremento de reservas
AC-B	779,828	1,995,902	-	120	-	-90°	1	Incremento de reservas
AC-C	779,917	1,995,855	-	180	300°	-60°	2	Incremento de reservas
AC-D	779,904	1,995,872	-	300	-	-90°	2	Incremento de reservas
AC-E	779,890	1,995,989	-	100	305°	-55°	3	Incremento de reservas
AC-F	779,917	1,995,947	-	150	305°	-55°	3	Incremento de reservas
AC-G	779,932	1,996,017	-	100	305°	-55°	4	Incremento de reservas
AC-H	779,960	1,995,976	-	180	305°	-55°	4	Incremento de reservas
AC-I	779,986	1,996,025	-	250	-	-90°	5	Incremento de reservas
AC-J	780,098	1,995,851	-	400	300°	-60°	5	Incremento de reservas
AC-K	780,052	1,996,018	-	200	300°	-60°	6	Incremento de reservas
AC-L	780,016	1,996,066	-	250	-	-90°	6	Incremento de reservas
AC-M	780,137	1,995,891	-	350	300°	-60°	6	Incremento de reservas
AC-N	780,097	1,996,035	-	150	305°	-55°	7	Incremento de reservas
AC-O	780,184	1,995,904	-	350	298°	-62°	7	Incremento de reservas
AC-P	780,212	1,995,965	-	250	300°	-60°	8	Incremento de reservas
AC-Q	780,155	1,996,048	-	180	300°	-60°	8	Incremento de reservas
AC-R	780,186	1,996,008	-	350	-	-90°	8	Incremento de reservas
AC-S	780,197	1,996,074	-	250	290°	-70°	9	Incremento de reservas
AC-T	780,197	1,996,074	-	300	-	-90°	9	Incremento de reservas
AC-U	780,239	1,996,103	-	200	300°	-60°	10	Incremento de reservas
AC-V	780,295	1,996,019	-	200	300°	-60°	10	Incremento de reservas
AC-W	780,291	1,996,110	-	150	315°	-45°	11	Incremento de reservas
AC-X	780,351	1,996,028	-	350	288°	-72°	11	Incremento de reservas
AC-Y	780,388	1,996,064	-	300	290°	-70°	12	Incremento de reservas
AC-Z	780,360	1,996,105	-	400	-	-90°	12	Incremento de reservas
AC-A1	780,379	1,996,157	-	150	315°	-45°	13	Incremento de reservas
AC-B1	780,435	1,996,074	-	300	315°	-45°	13	Incremento de reservas
AC-C1	780,435	1,996,074	-	400	300°	-60°	13	Incremento de reservas
AC-D1	780,477	1,996,109	-	300	315°	-45°	14	Incremento de reservas
AC-E1	780,477	1,996,109	-	400	300°	-60°	14	Incremento de reservas
AC-F1	780,489	1,996,182	-	200	320°	-40°	15	Incremento de reservas
AC-G1	780,517	1,996,141	-	300	300°	-60°	15	Incremento de reservas
AC-H1	780,489	1,996,270	-	150	305°	-55°	16	Incremento de reservas
AC-I1	780,517	1,996,228	-	250	305°	-55°	16	Incremento de reservas
TOTAL				8,560				

TABLA 5.6 Programa de barrenación a diamante primera fase proyecto Acalpican. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE, PROYECTO ACALPICAN (2da FASE)								
D.D.H.	Coordenadas			Profundidad (m)	Azimut	Inclinación de grados	Sección	Observaciones
	X	Y	Z					
ACX-A	779,924	1,995,760	-	691	305°	-55°	1	Exploratorio
ACX-B	780,072	1,995,541	-	700	305°	-55°	1	Exploratorio
ACX-C	780,054	1,995,654	-	700	305°	-55°	2	Exploratorio
ACX-D	780,146	1,995,515	-	700	305°	-55°	2	Exploratorio
ACX-E	780,185	1,995,545	-	700	305°	-55°	3	Exploratorio
ACX-F	780,235	1,995,579	-	700	305°	-55°	4	Exploratorio
ACX-G	780,129	1,995,811	-	700	305°	-55°	5	Exploratorio
ACX-H	780,272	1,995,606	-	700	290°	-70°	5	Exploratorio
ACX-I	780,272	1,995,783	-	700	295°	-65°	7	Exploratorio
ACX-J	780,356	1,995,666	-	700	295°	-65°	7	Exploratorio
ACX-K	780,396	1,995,682	-	700	305°	-55°	8	Exploratorio
ACX-L	780,367	1,995,822	-	700	305°	-55°	9	Exploratorio
TOTAL				8,391				

TABLA 5.7 Programa de barrenación a diamante segunda fase proyecto Acalpican. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

La ubicación de barrenos de la primera fase se encuentran en la parte central y a lo largo del cuerpo mineralizado, el cual tiene una dirección NE-SW, los barrenos están localizados tanto en la parte SE como en el NW del cuerpo mineral.

Los barrenos de la segunda fase están proyectados más hacia el sur del cuerpo mineralizado, en donde no se cuenta con información preliminar de barrenación a diamante; por lo que, con base en el análisis del planos magnetométrico terrestre, se observaron áreas de gran potencialidad de mineral de hierro, lo que ayudará a conocer si los cuerpos encontrados tienen alguna relación espacial con el cuerpo principal de Acalpican.

La ubicación de barrenos se puede apreciar en los planos magnetométrico terrestre y geológico-magnetométrico terrestre, figuras 5.6 y 5.7 respectivamente.

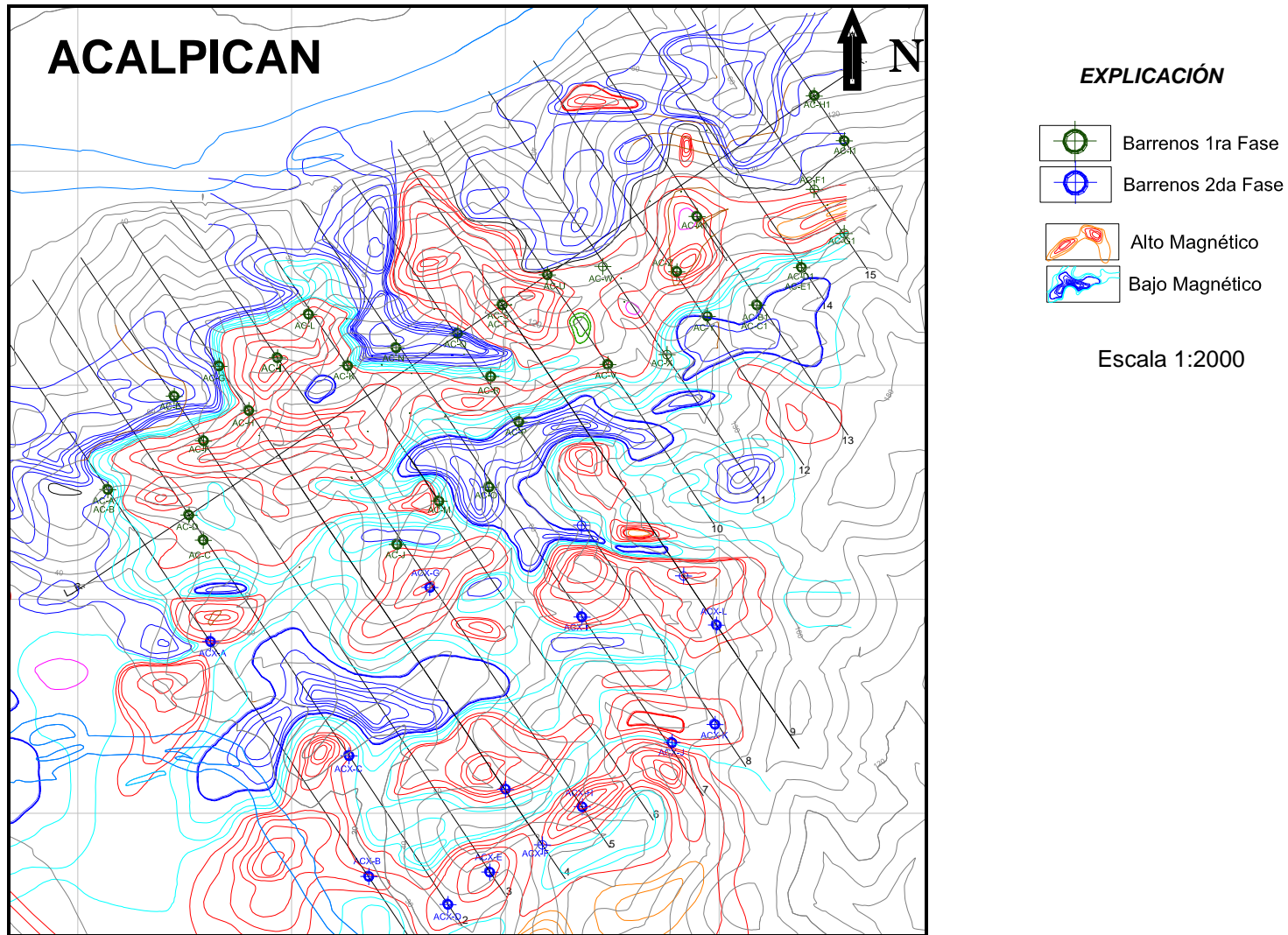


FIGURA 5.6 Plano magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase proyecto Acalpican. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

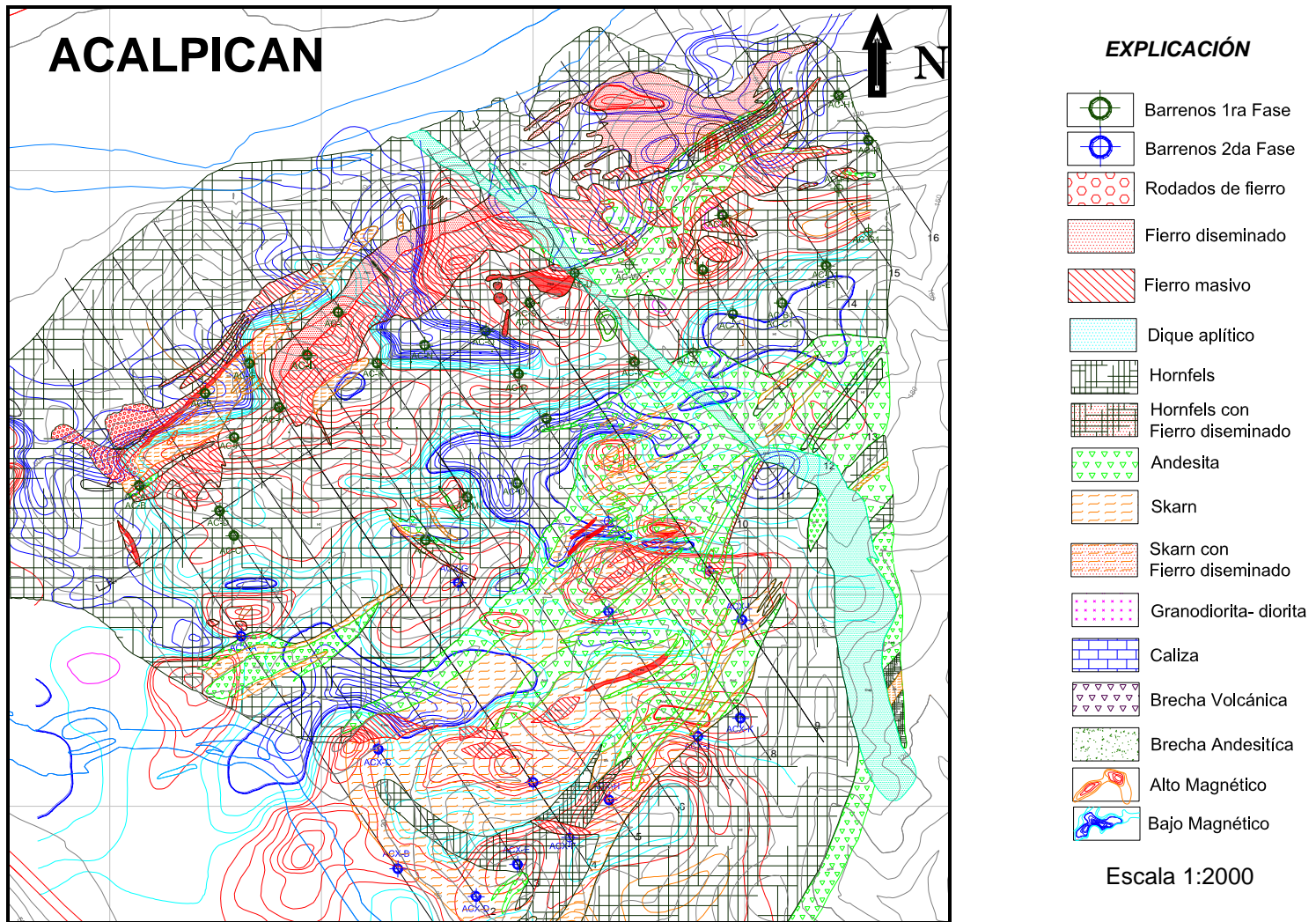


FIGURA 5.7 Plano geológico-magnetométrico terrestre con la ubicación de barrenos, primera y segunda fase proyecto Acalpican. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.

VI.- CONCLUSIONES

- I. La mineralización se presenta emplazada en la secuencia vulcanosedimentaria de la Formación Tepalcatepec, (constituida por andesitas, derrames piroclásticos, calizas, hornfels y skarn), ampliamente distribuida en el distrito, en donde se presentan dos tendencias de mineralización principales, los cuales están de manera convergente:
 - 1) Una en la porción norte con rumbo preferencial NW-SE, comprende desde el área de mina El Volcán, mina El Mango y el yacimiento Santa Clara.
 - 2) Otra en la porción sur con rumbo preferencial casi E-W, comprende el antiguo yacimiento Ferrotepec, Tazas, Habillales, Venado-Valverde, Acalpican, El Tubo y La Cruz.
- II. La alteración principal en el distrito lo constituyen las zonas de *skarn* de granate (andradita-grossularita) y epidota, las cuales están íntimamente relacionadas con los cuerpos mineralizados, siendo esto una importante guía de mineralización para la exploración de menas de fierro.
- III. Con los recientes trabajos realizados en campo se determinó que la mineralización que conforma el distrito minero Las Truchas se llevo a cabo en diferentes eventos de mineralización y en tiempos amplios de hasta 15 Ma. (Garduño-Monroy et al., 1999).
- IV. Se presenta como primera etapa de mineralización al skarn mineralizado en forma diseminada con textura de *islas y mares*, originado por metasomatismo.
- V. Como segunda etapa se presenta la brecha mineralizada con clastos de *hornfels* y *skarn*, y zonas de vetillas de mineralización tipo *stockwork*.
- VI. Se infiere que la posición que guardan los cuerpos de fierro entre el intrusivo granodiorítico que afecta la secuencia cretácica volcánica y los sedimentos marinos calcáreos, sugiere un origen de infiltración magmática que en su formación afectó con

metasomatismo a las rocas encajonantes, resultando las zonas de skarn y hornfels conocidas en los diferentes proyectos en el distrito.

- VII. El control estructural de la mineralización está conformado por tres sistemas de falla; el primero con rumbo NW-SE, el segundo con lineamiento NE-SW y un tercero con lineamiento N-S.

- VIII. Los principales minerales hipogénicos de mena que constituyen los cuerpos masivos, son en orden de abundancia: magnetita, hematita, especularita, pirita y calcopirita. Estos cuerpos tienen una ley media de alrededor del 46% de fierro total.

- IX. Las texturas de *islas y mares* observadas megascópicamente en los núcleos de barreno, el reemplazamiento de magnetita por granate, así como las relaciones petrográficas, indican que los 3 proyectos de estudio están dentro de los depósitos de reemplazamiento metasomático.

- X. El programa de barrenación a diamante consiste de 2 fases, con un total de 103 barrenos a diamante, con un total de 40,601 m, distribuidos entre los proyectos de Acalpican, El Tubo y La Cruz, y con un plazo de ejecución de 6 meses:
 - 1) La primera fase con 68 barrenos y un metraje final de 21, 760 m.

 - 2) La segunda fase con 35 barrenos y un metraje final de 17, 650 m.

- XI. Con base en la interpretación de secciones geológicas, planos magnetométricos terrestres y reconocimiento geológico en campo, los barrenos programados para los proyectos El Tubo y La Cruz son verticales, ya que los cuerpos de mineral son tabulares y tienen una inclinación de 45° y 60° hacia el SE, los intervalos de barrenación van de 200 a 600 m, esto, para comprobar la continuidad de los cuerpos a profundidad.

- XII. Con base en la interpretación de secciones geológicas, planos magnetométricos terrestres y reconocimiento geológico en campo, los barrenos programados para el proyecto de Acalpican en su mayoría son inclinados, con ángulos que varían entre los 45° y 70°, esto, porque los cuerpos de mineral son tabulares y con una inclinación de 50° y 60° hacia el SE, pero que tienden a la verticalidad a mayor profundidad, por ello el intervalo de barrenación es de 100 m a 700 m, esto, para comprobar la continuidad de los cuerpos a profundidad.

- XIII. La barrenación a diamante de la primera fase es para incrementar 13 Mt de recursos de mineral inferidos entre los 3 proyectos (Acalpican, El Tubo y La Cruz).

- XIV. La barrenación a diamante de la segunda fase está condicionada a los resultados preliminares que se obtengan de la primera fase, estos servirán para la certificación de recursos medidos en su momento, y otros seguirán siendo exploratorios.

- XV. Con la barrenación a diamante se obtiene una idea dimensional en tonelaje y calidad de los yacimientos y sus estructuras geológicas.

RECOMENDACIONES

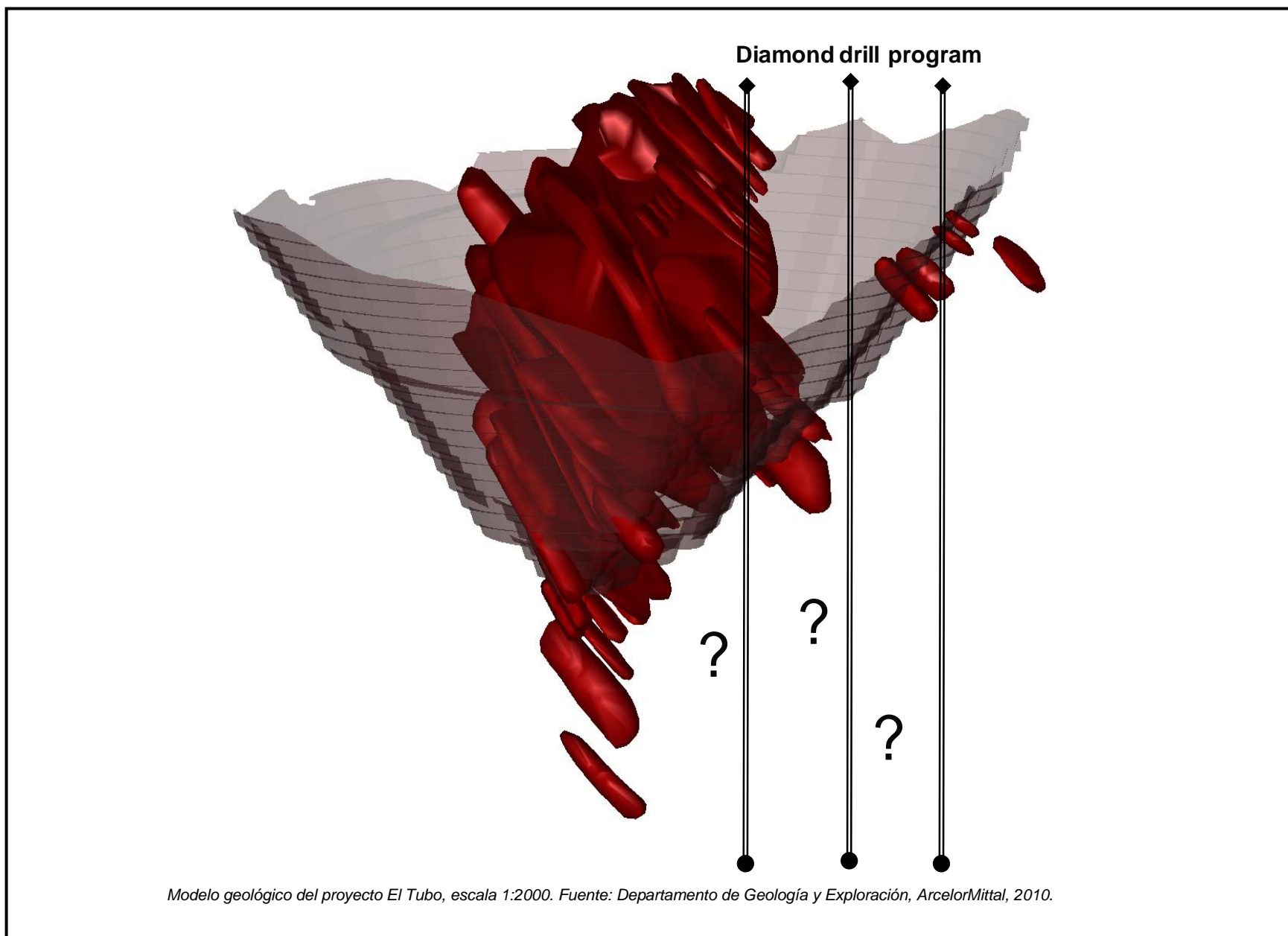
- I. Establecer un programa de barrenación a diamante exploratorio para las zonas más al sur de los proyectos de Acalpican y El Tubo, para determinar la relación que existe entre los cuerpos principales de mineral de Acalpican y El Tubo con las anomalías analizadas de los planos aeromagnéticos realizados por el SGM (2008).
- II. Realizar un plano geológico-estructural a detalle de los proyectos a barrenar, así como las áreas circunvecinas a éstos y en las zonas más al sur donde no se cuenta con información preliminar.
- III. Con la información obtenida de la barrenación a diamante, se debe realizar un modelo 3D del área, esto servirá como un elemento adicional para evaluar su potencial económico.
- IV. Utilizar la combinación de dos métodos geofísicos para la exploración de menas de fierro, tales como: estudios magnetométricos y gravimétricos, para obtener una mayor certidumbre de las dimensiones de los cuerpos de mena de fierro.
- V. Realizar estudios de exploración a nivel regional y a detalle con el método indirecto geofísico de gravimetría para la búsqueda de minerales pesados, tal como es el mineral de fierro. Los estudios de reconocimiento regional por medio de este método, pueden resultar en el levantamiento de estructuras geológicas de importancia regional tales como fallas o lineamientos, que son prometedores para acumulaciones de minerales y mineralizaciones. En los estudios a detalle, debido al contraste alto de densidad entre los minerales pesados y las rocas adyacentes más livianas se puede delinear la distribución y dimensión de las rocas de diferentes densidades.

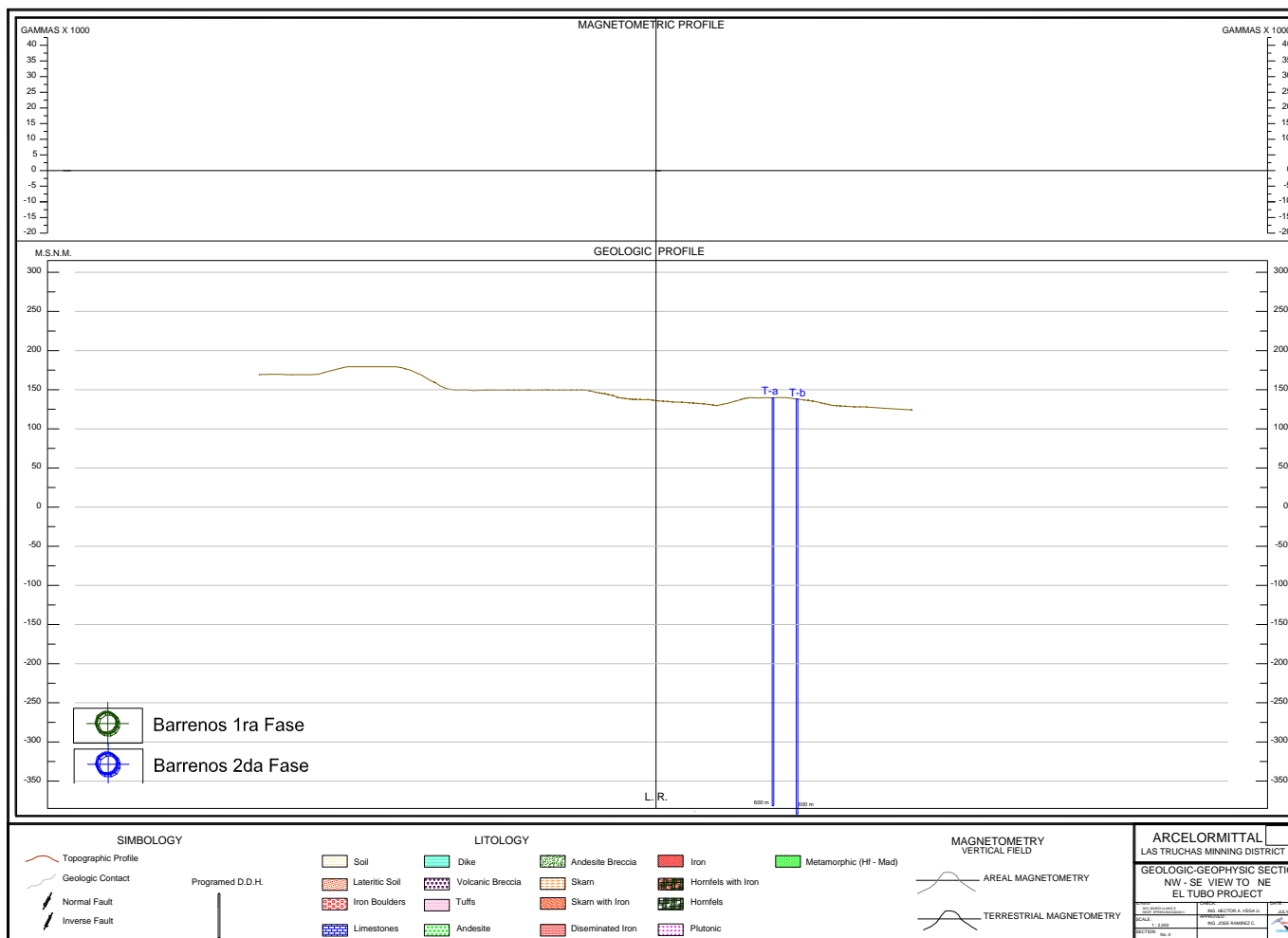
REFERENCIAS CONSULTADAS

- ArcelorMittal, 2009, Informe Técnico Interno: Recursos y Reservas de mineral de hierro, Distrito Las Truchas, Michoacán, departamento de Geología y Exploración, pp. 10.
- Bateman Alan M., 1982, Yacimientos minerales de rendimiento económico, ed., Omega, 6ta edición, Barcelona, pp. 607-609.
- CAMIMEX, 2008 (Cámara Minera de México), Informe anual 2008, LXXI Asamblea General Ordinaria, pp. 13-15 y 100-105.
- CAMIMEX, 2010, (Cámara Minera de México), Informe anual 2010, LXXIII Asamblea General Ordinaria, pp. 106-110.
- Campa-Uranga, M.F., y Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions of México: Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 20, pp. 1040-1051.
- Centeno-García, E., 1994, Tectonic evolution of the Guerrero terrane, western Mexico. Ph.D., Thesis, Univ. Arizona, Tucson, USA.
- Charles F. Park, Jr, 1972, The iron ore deposits of the Pacific Basin, Economic Geology, vol.67, pp. 339 – 349.
- COREMI (Consejo de Recursos Minerales), 1974, Plano de vuelo aeromagnetométrico a semidetalle a 160 y 120 m de altura, Las Truchas Michoacán, ESC. 1:10,000.
- COREMI (Consejo de Recursos Minerales), 1995, Monografía geológico-minera del Estado de Michoacán, 176 p.
- Corona–Esquivel, Rodolfo y Enríquez, Fernando, 2004, Modelo magmático del yacimiento de hierro Peña Colorada, Colima, y su relación con la exploración de otros yacimientos de hierro en México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 113, 97 pp.
- Corona-Esquivel, Rodolfo, 2000, Geología regional y modelo genético de los yacimientos de hierro de la porción suroccidental de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis Doctoral, 171 pp.
- Delgado-Argote, L.A., Hinojosa-Corona, A., Escalona-Alcázar, F.J., Noyola-Medrano, C., Mexicano-Vargas, L., Frías-Camacho, V.M. y Delgado-Álvarez, D.L., 1999, Interpretación de imágenes de satélite de la porción sur del Estado de Michoacán para la detección de yacimientos ferríferos y sulfuros polimetálicos potenciales, proyecto elaborado para SERMMOSA, Departamento de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE.
- Dott, R.H., y Lyman, R.B., 1988, Evolution of the Earth: Nueva York, McGraw-Hill, 617 p.

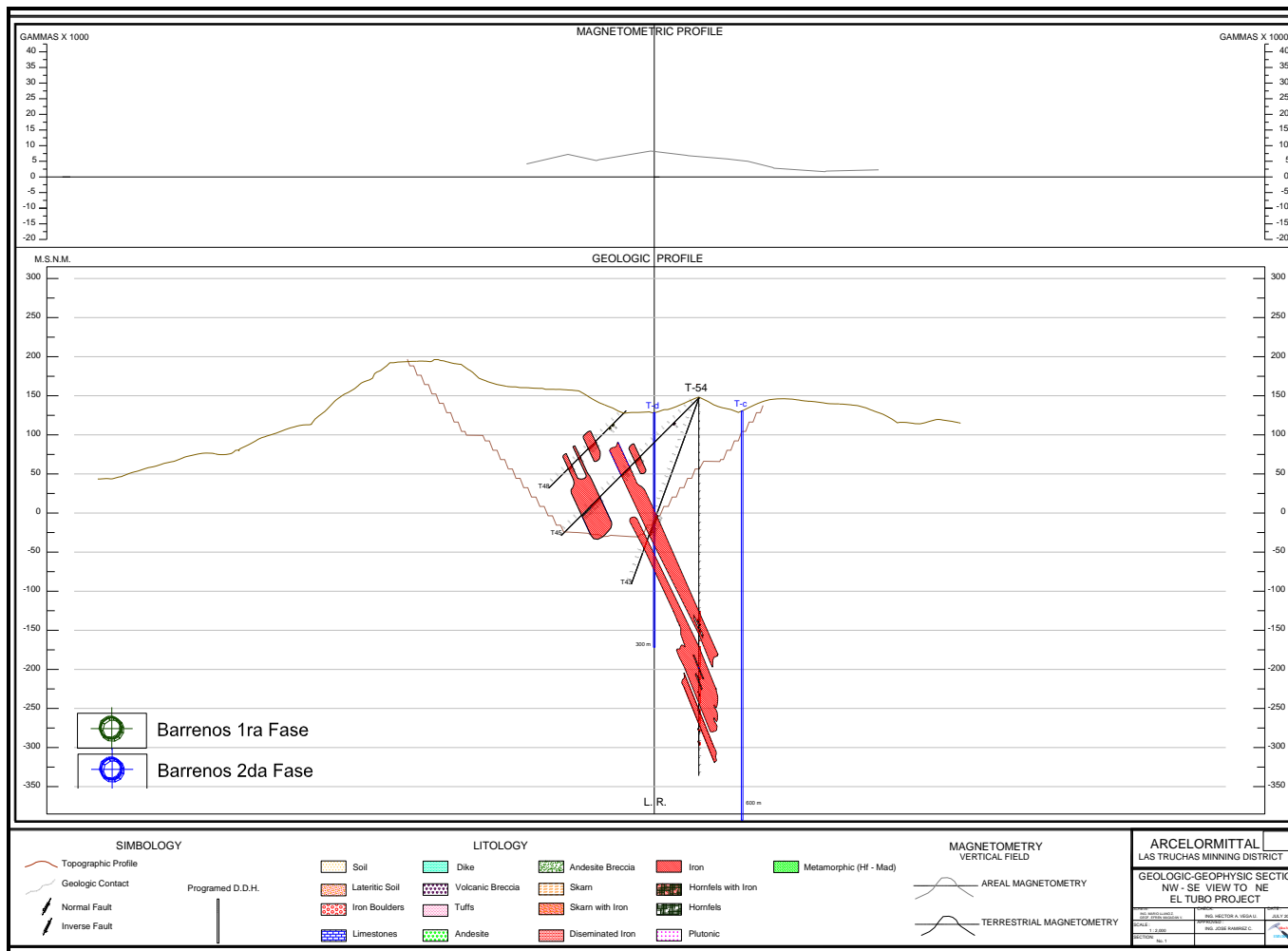
- Garduño M. V. H., Corona Ch. P., Israde A. I., Menella L., Arreygue, Bigioggero B. y Chiesa S., 1999, Carta Geológica de Michoacán, escala 1:250,000 UMSNH, pp.108.
- Grajales N., López I. M. y Torres V. R., 1984, Geology and potassium-argon data of the igneous and metamorphic rocks in the western portion of the Guerrero Terrane, Jalisco, Colima and Michoacán States, México.
- Gutiérrez, H.J., 1975, Informe geológico final, Prospecto Arteaga-Balsas: Poza Rica, Ver., Petróleos Mexicanos, Zona Centro, Superintendencia General de Exploración Geológica, informe geológico IGPR-130 (inédito).
- Guzmán, R.A., 1976, Informe geológico final, Prospecto Arteaga: Poza Rica, Ver., Petróleos Mexicanos, Zona Centro, Superintendencia General de Exploración Geológica, Informe geológico IGPR-183 (inédito).
- IMP (Instituto Mexicano del Petróleo), 1984, Programa de exploración de mineral de hierro 1984, Subdirección de Tecnología de Exploración, pp. 40.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), www.inegi.gob.mx.
- Lyons, J.I., 1988, Volcanogenic iron oxide deposits, Cerro de Mercado and vicinity, Durango, México: *Economic Geology*, 83, 1886-1906.
- Mapes-Vázquez, E., Porraz Z., R., Alexandri R., R., Gutiérrez, C.G., Pesquera-Velázquez. R., Guillen, J.J., y Camacho C., M., 1959, Los Yacimientos ferríferos de Las Truchas, Michoacán: Consejo de Recursos No Renovables Boletín 46, p. 128.
- Morán Z.J.D, Martiny B., Tolson G., Solis-P. G., Alba. A. Leticia, Hernández-B. Ma. del Sol, Macías-R. Consuelo, Martínez S. R., y Schaal P., 2000, Geocronología y características químicas de las rocas magmáticas terciarias de la Sierra Madre del Sur, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. LIII, pp. 27-58.
- Munguía Rojas P., 1991, Estudio Geológico y Potencial de los Recursos Minerales en el Estado de Colima, tesis profesional IPN, inédita.
- Ostroumov, M. y Corona-Chávez, P., 1999, Ensayo Metalogenético del estado de Michoacán. Carta Geológica del estado de Michoacán, escala 1:250,000 en 4 hojas con notas explicativas, 97-107.
- Rodríguez-Medina, E., Núñez-Espinal, J., Bustamante-García, J.E., y Montiel-Escobar, J.E., 1995, Monografía geológico-minero del Estado de Michoacán: Consejo de Recursos Minerales, publicación M-15e, p. 176.
- Rose A.W., Hawkes H.E., and Webb J.S., 1979, *Geochemistry in mineral exploration* 2nd edition, London UK, academic Press, pp. 10-39.
- SERMMOSA (Servicio Minero Metalúrgicos de Occidente S.A. de C.V.) 1995, Informe técnico evaluación y exploración geológica del prospecto Acalpican, Superintendencia de Geología y Exploración.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano), 2006, Carta geológico-minera Playa Azul E-13 B-88, Michoacán.

- SGM (Servicio Geológico Mexicano), 2000, Carta geológico-minera Lázaro Cárdenas E-13-6-9, Michoacán, Colima., Guerrero y Jalisco”.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano), 2008, Panorama minero del Estado de Michoacán, México, pp. 49.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano), 2008, Informe magnetométrico del Distrito Las Truchas, Michoacán.
- Shimazaki, H., Shimizu, M., 1981, Application of the sphalerite geobarometer to some skarn-type ore deposits. *Mineral. Deposita* 16, 45-50.
- SICARTSA (Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas S.A. de C.V.), 2002, Informe técnico interno: “Panorama Geológico del Distrito ferrífero Las Truchas” (actualización de la evaluación de reservas por yacimiento 2002): Departamento de Geología y Exploración.
- SICARTSA, 1991, Informe técnico: Evaluación y exploración geológica del prospecto El Tubo, Superintendencia de Geología y Exploración, pp. 5-23.
- SIDERMEX, División de Materias Primas, 1989, prospecto Acalpican-Acalpicancito: Geología y Geofísica a detalle, Dirección de Exploraciones e Ingeniería, Subdirección de Exploraciones, pp. 4-18.
- The JORC Code, 2004, Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves, pp. 5-12.
- Trilla, J., Camprubí, A., Centeno-García, E., Corona-Esquivel, R., Iriando, A., Sánchez-Martínez, S., Gasca-Duran, A., Cienfuegos-Alvarado, E., Morales-Puente, P., 2003, Estructura y edad del depósito de hierro de Peña Colorada, Colima: un posible equivalente fanerozoico de los depósitos de tipo IOCG: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 20, núm. 3, pp.182-201.
- Van Allen, B.R., 1978, Hydrothermal iron ore and related alterations in volcanic rocks of La Perla, Chihuahua, Mexico: Austin, University of Texas at Austin, Tesis de doctorado. 131 p. (inérita)
- Velasco-Hernández, J., 1964, Estudios geológico y geofísico de los yacimientos ferríferos de Hércules, Coahuila: México, Consejo de Recursos Naturales No Renovables, boletín, 68, 63 p.

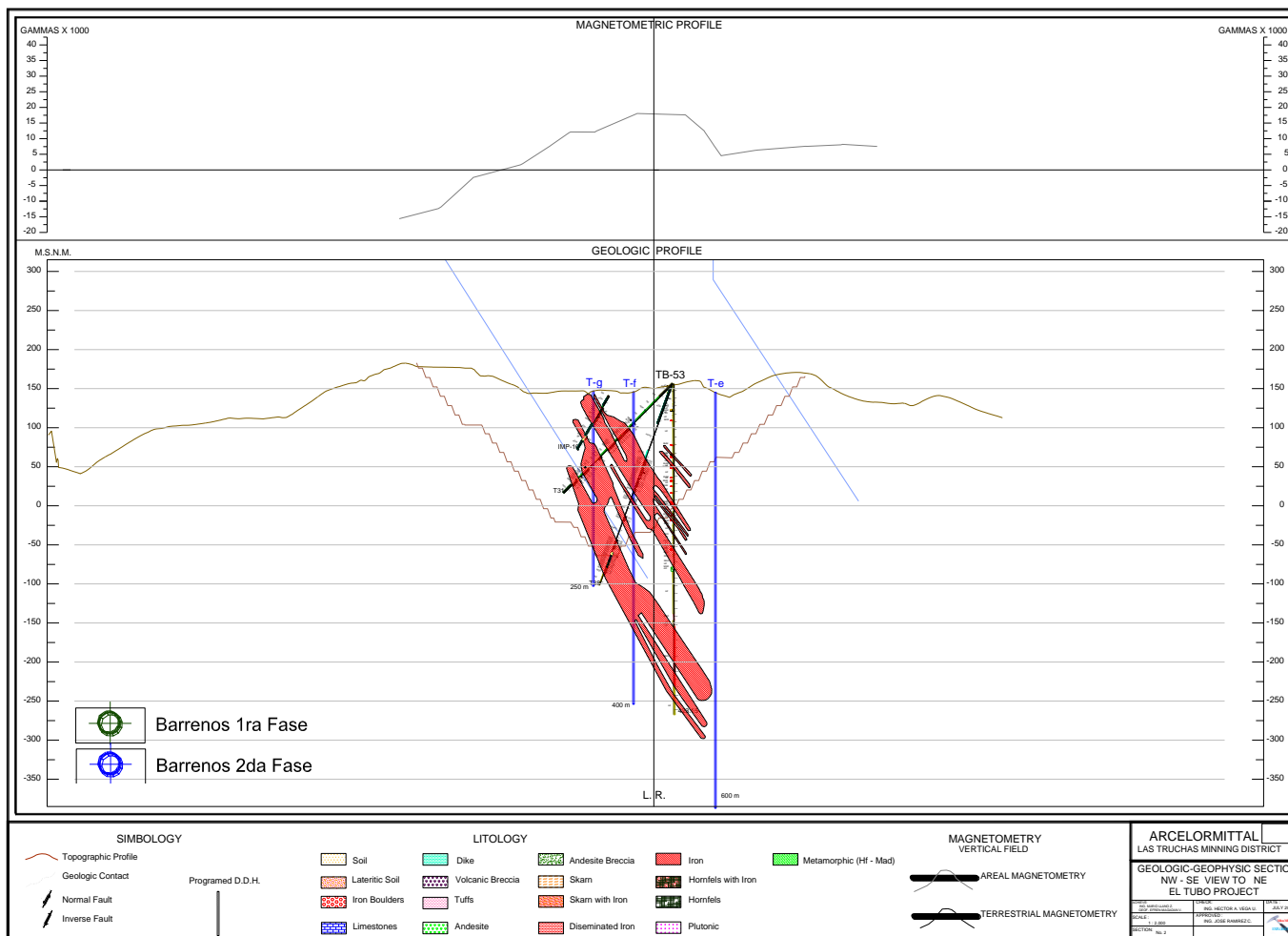




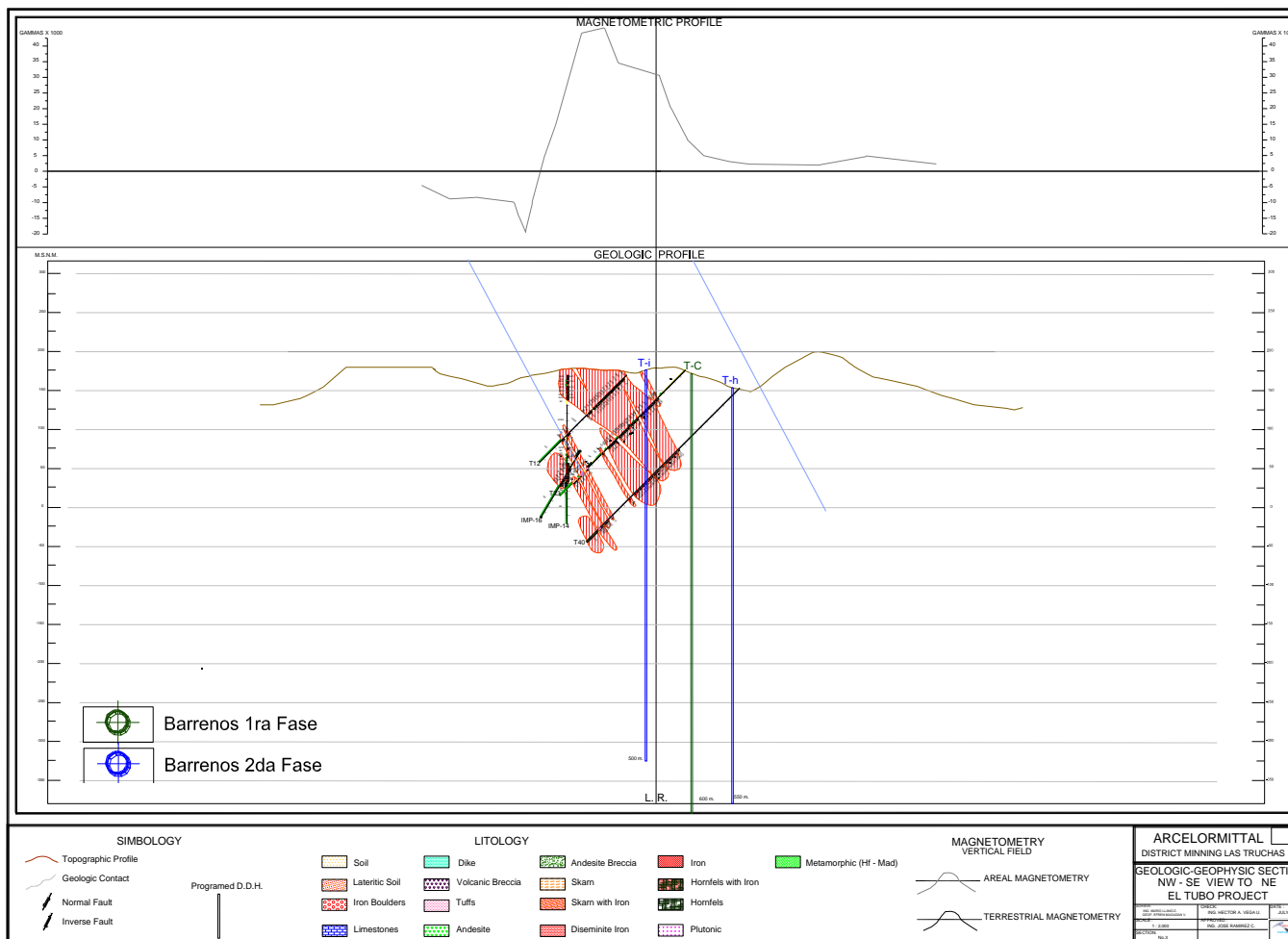
Sección geológica-geofísica No.0, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



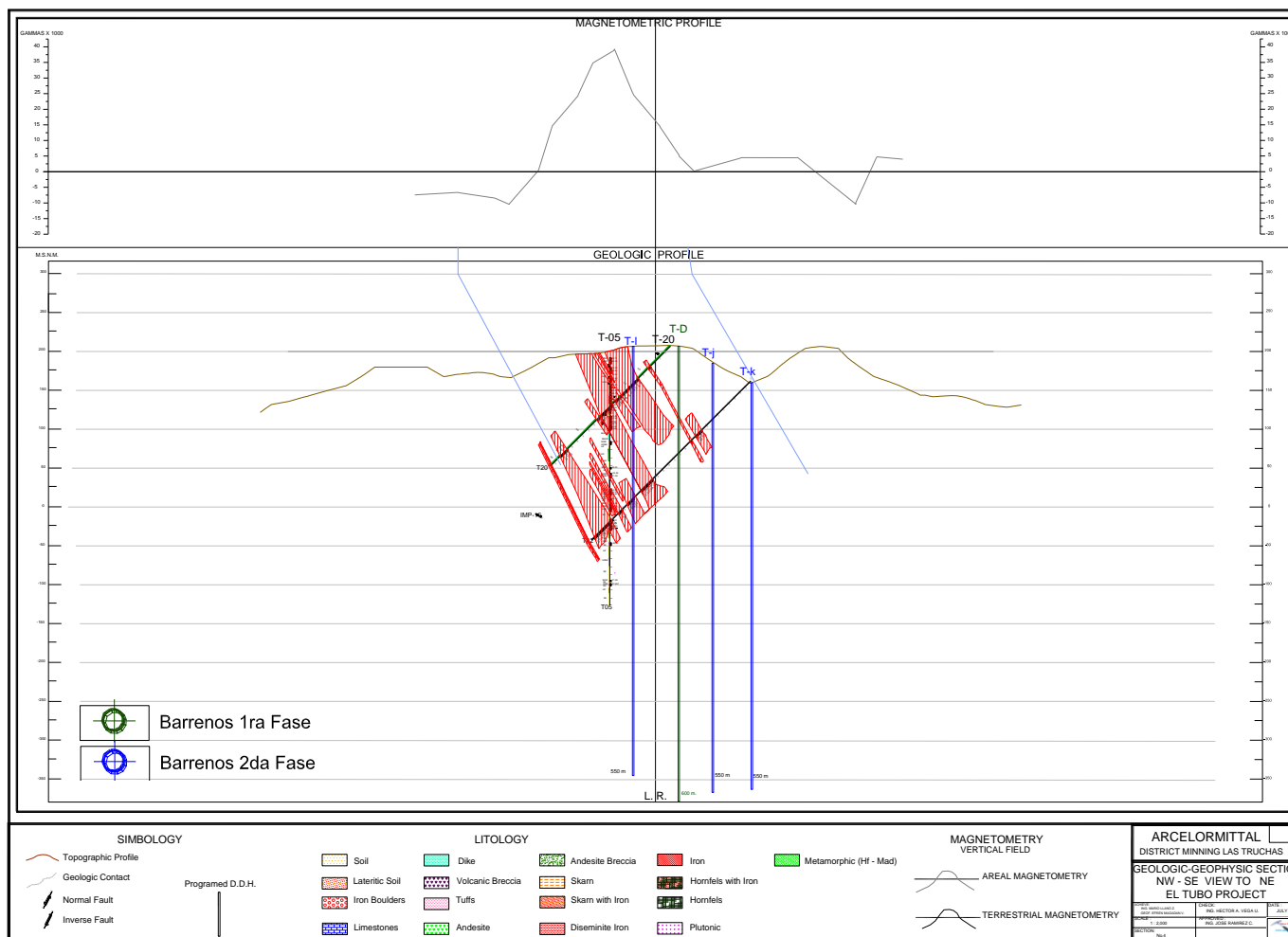
Sección geológica-geofísica No.1 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



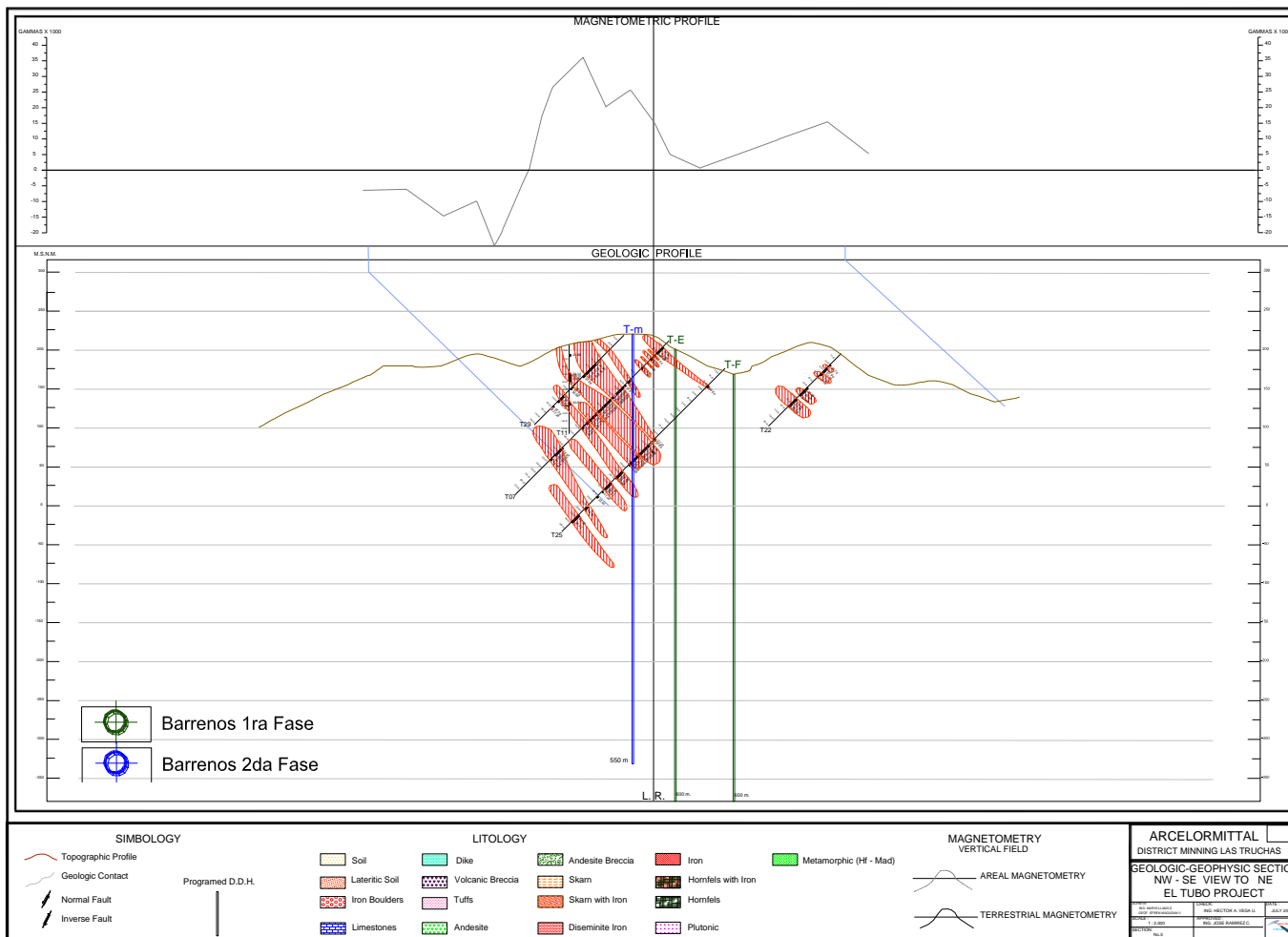
Sección geológica-geofísica No.2 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



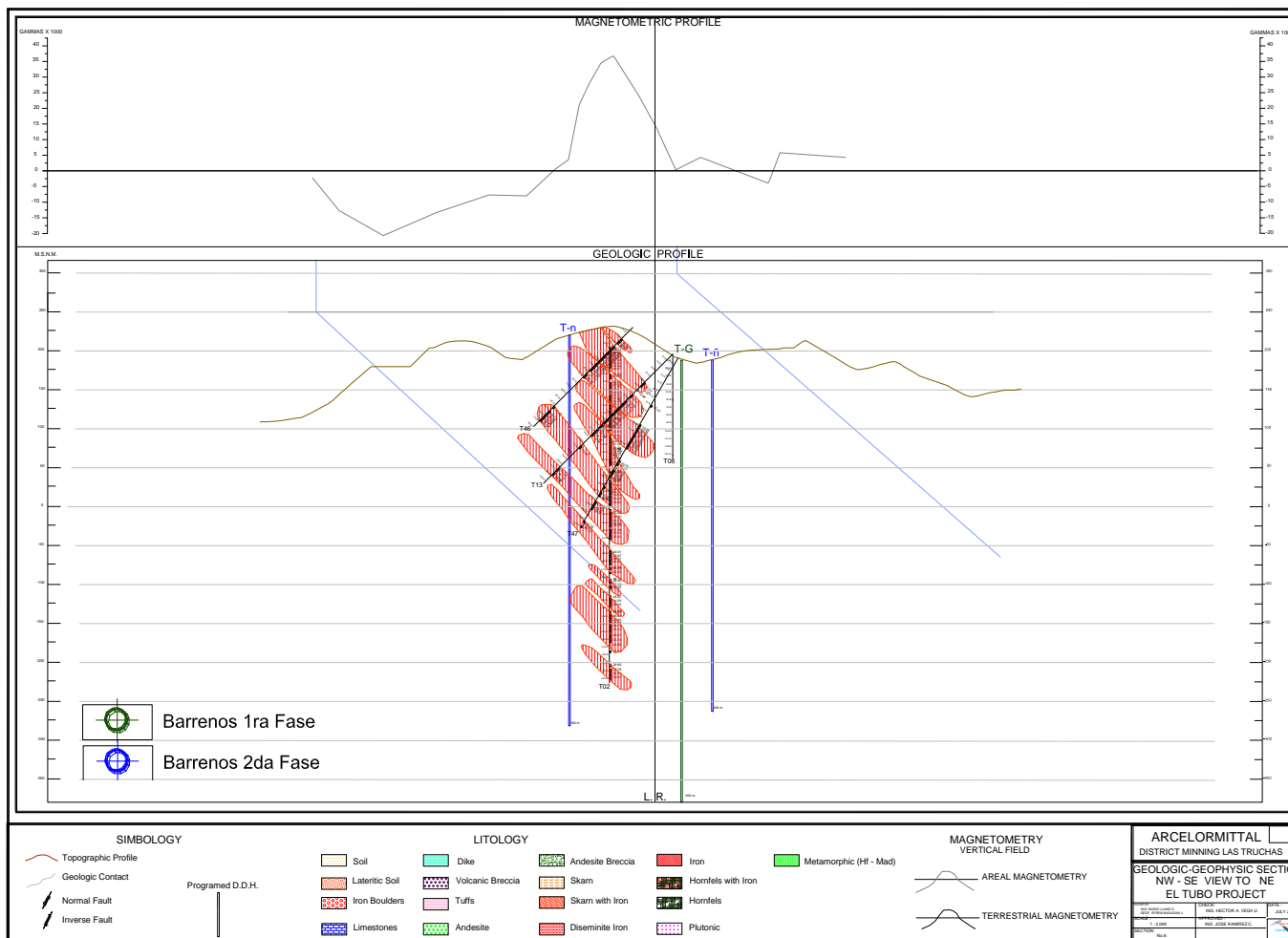
Sección geológica-geofísica No.3 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



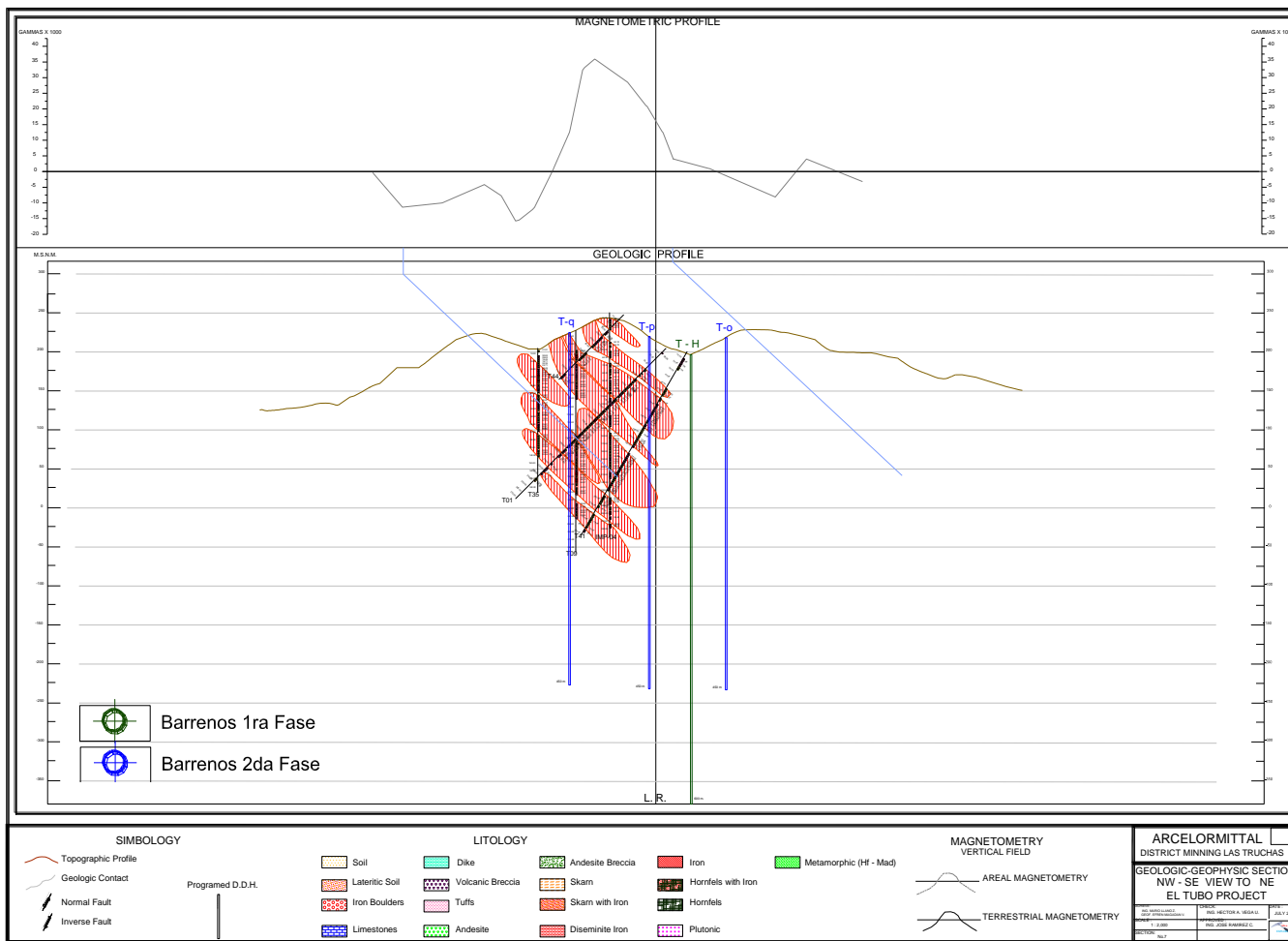
Sección geológica-geofísica No.4 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000 Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal. 2010.



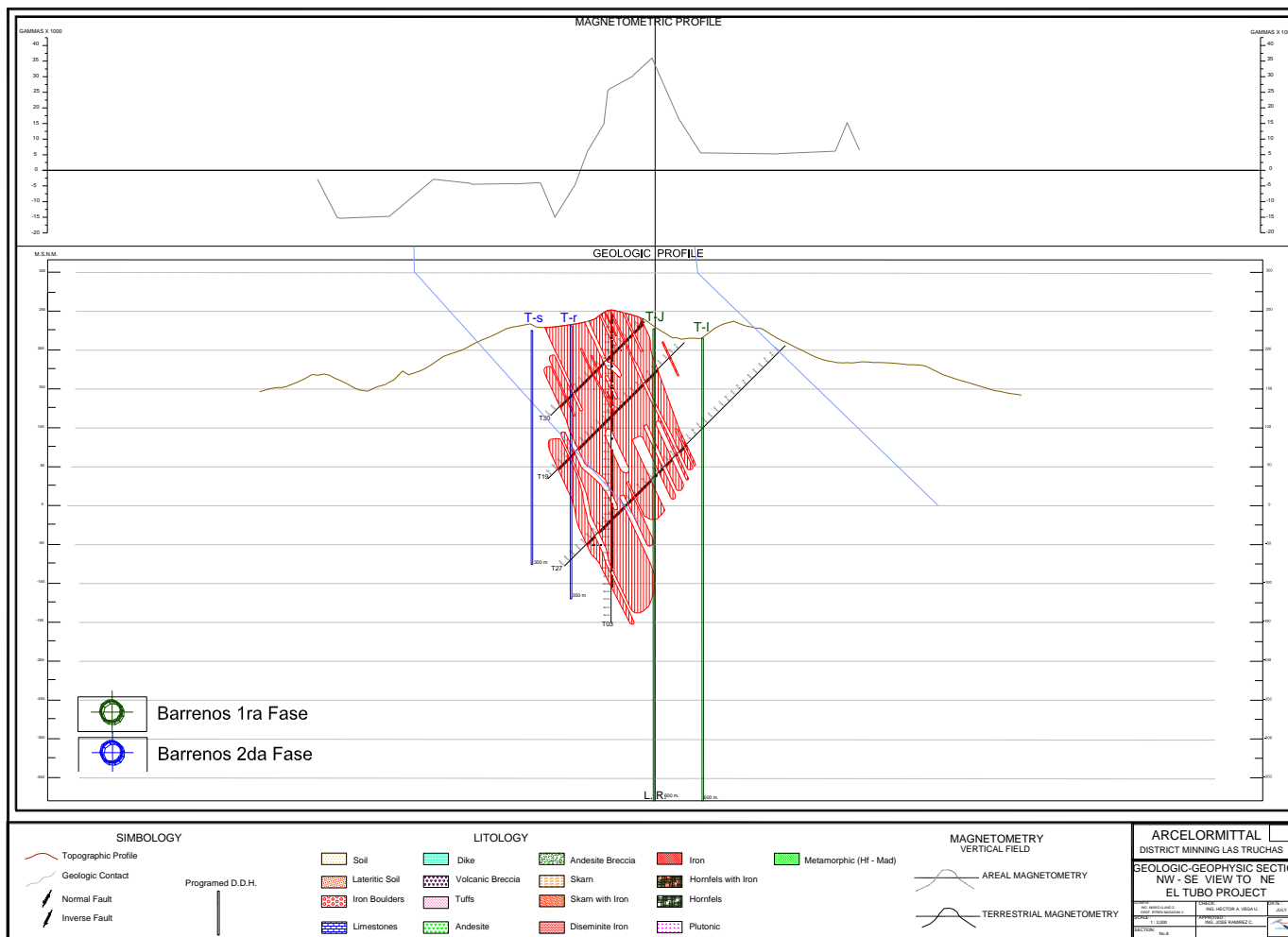
Sección geológica-geofísica No.5 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



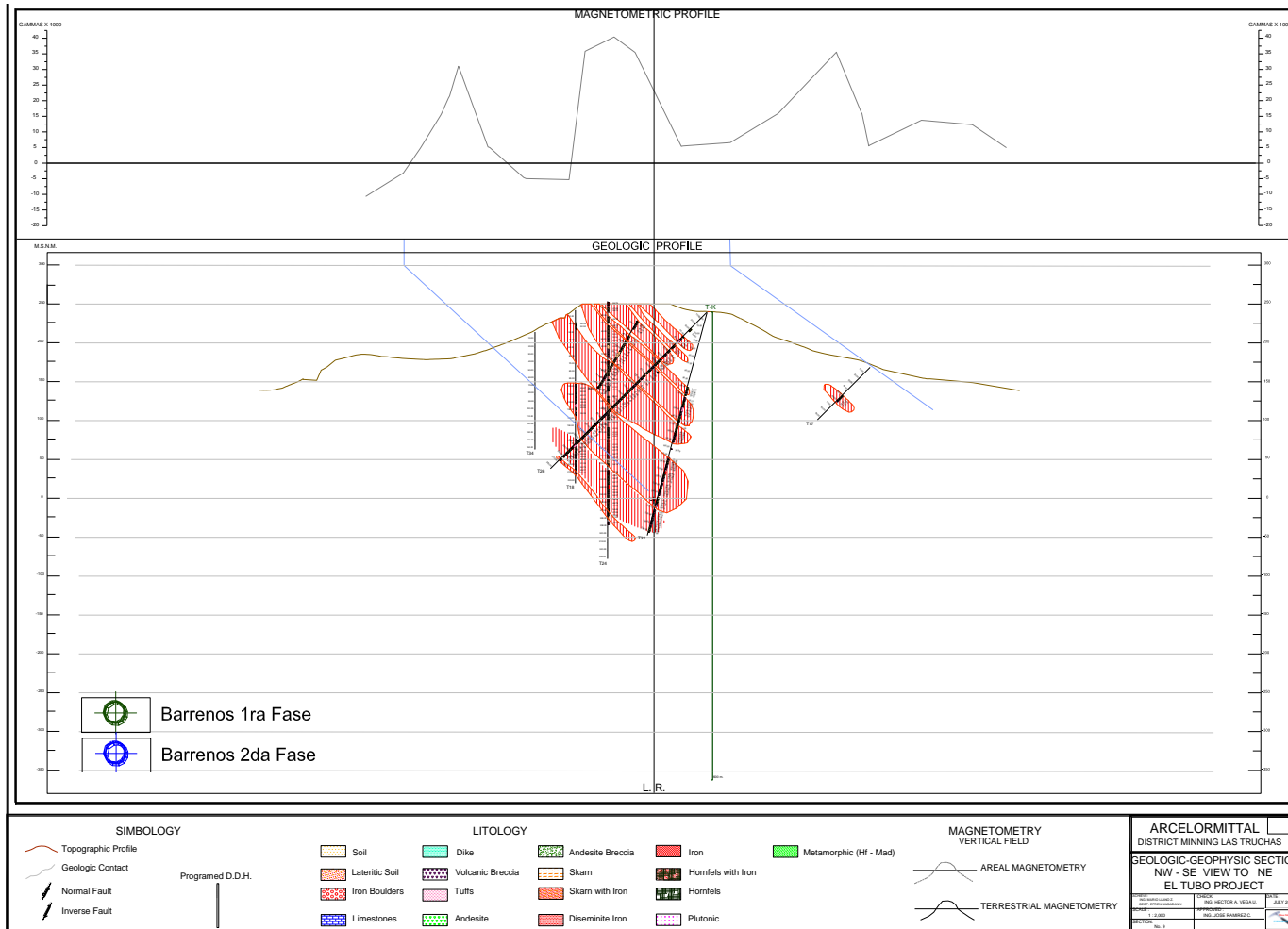
Sección geológica-geofísica No.6 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



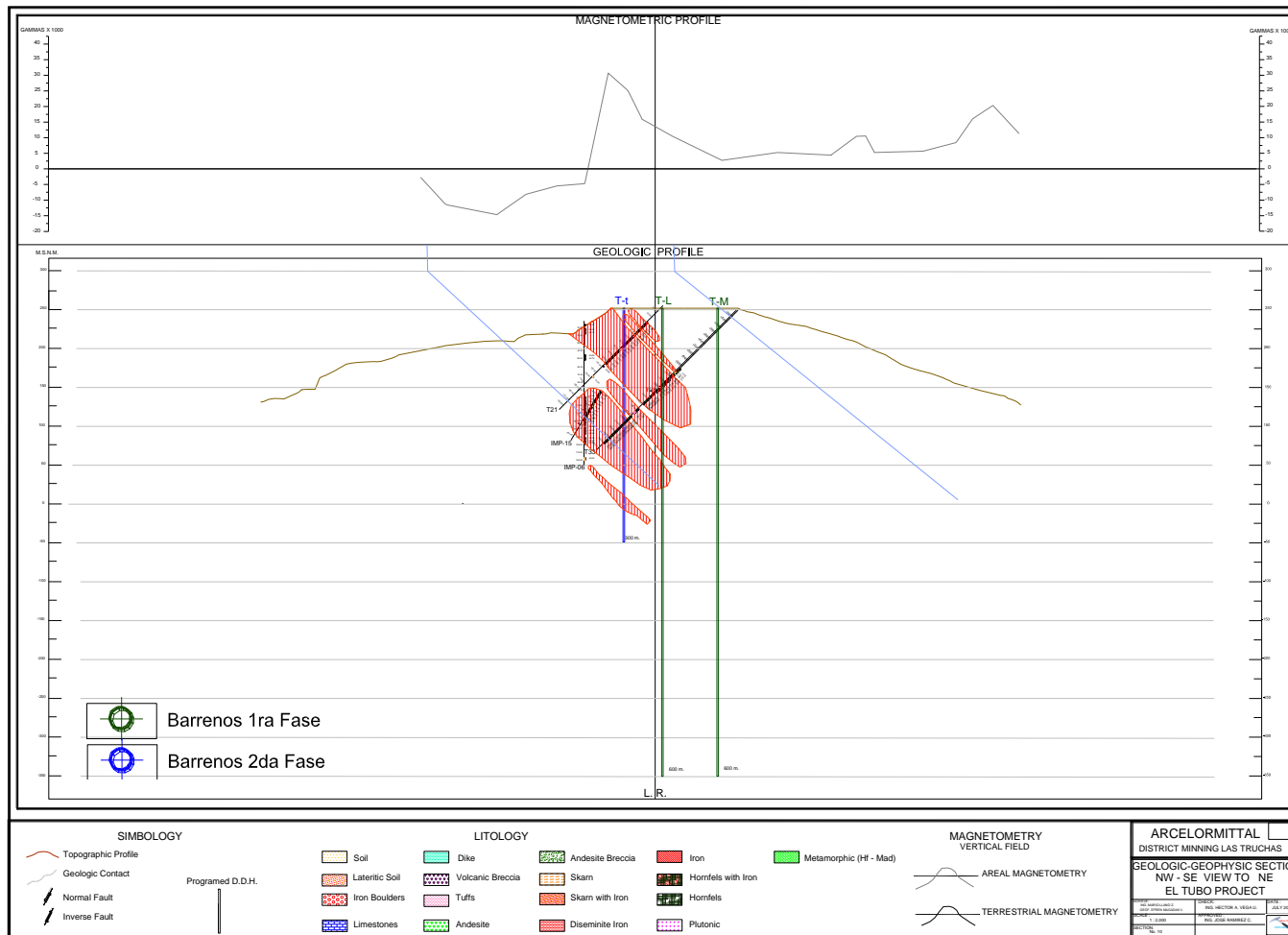
Sección geológica-geofísica No.7 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



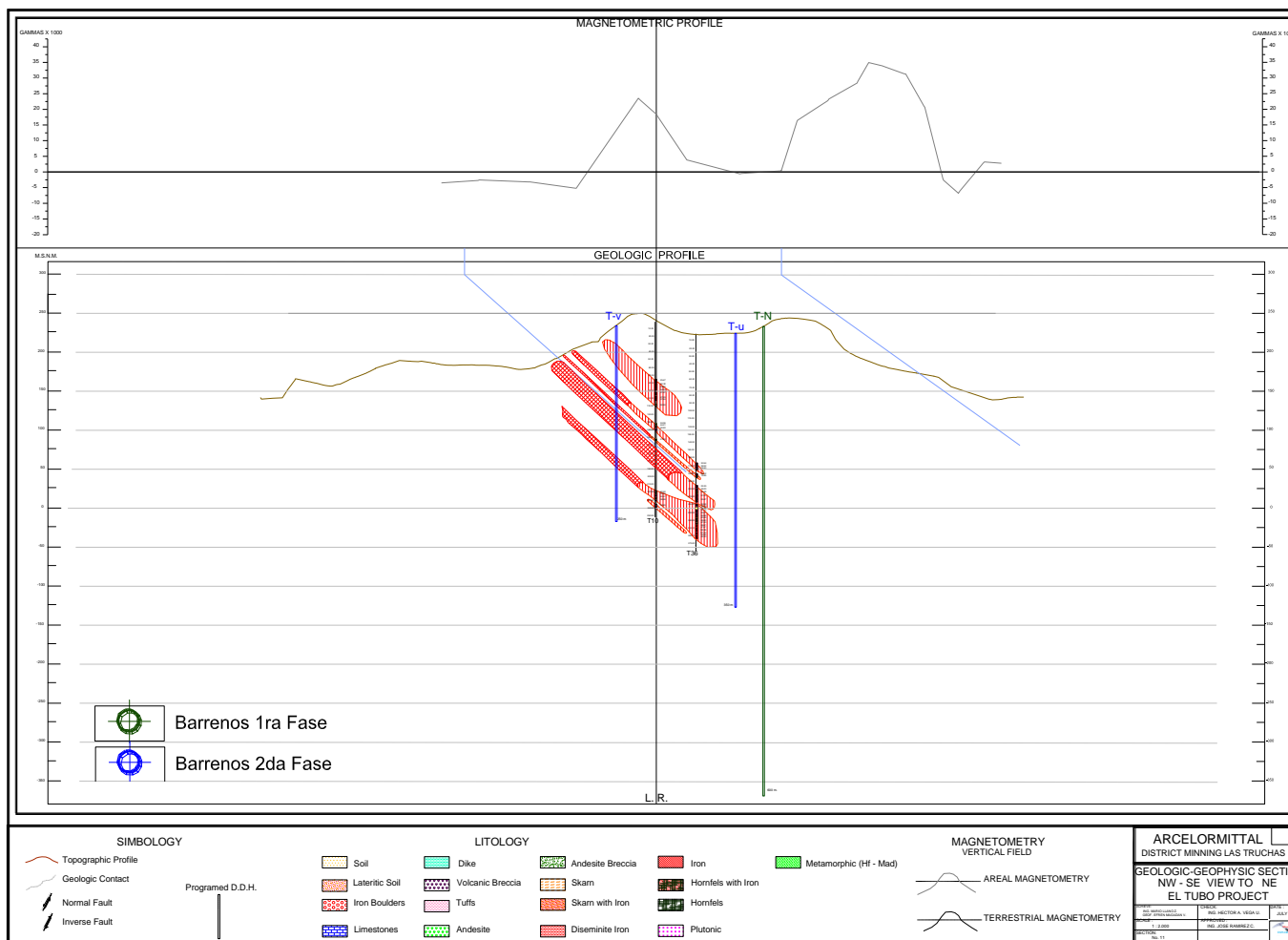
Sección geológica-geofísica No.8 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



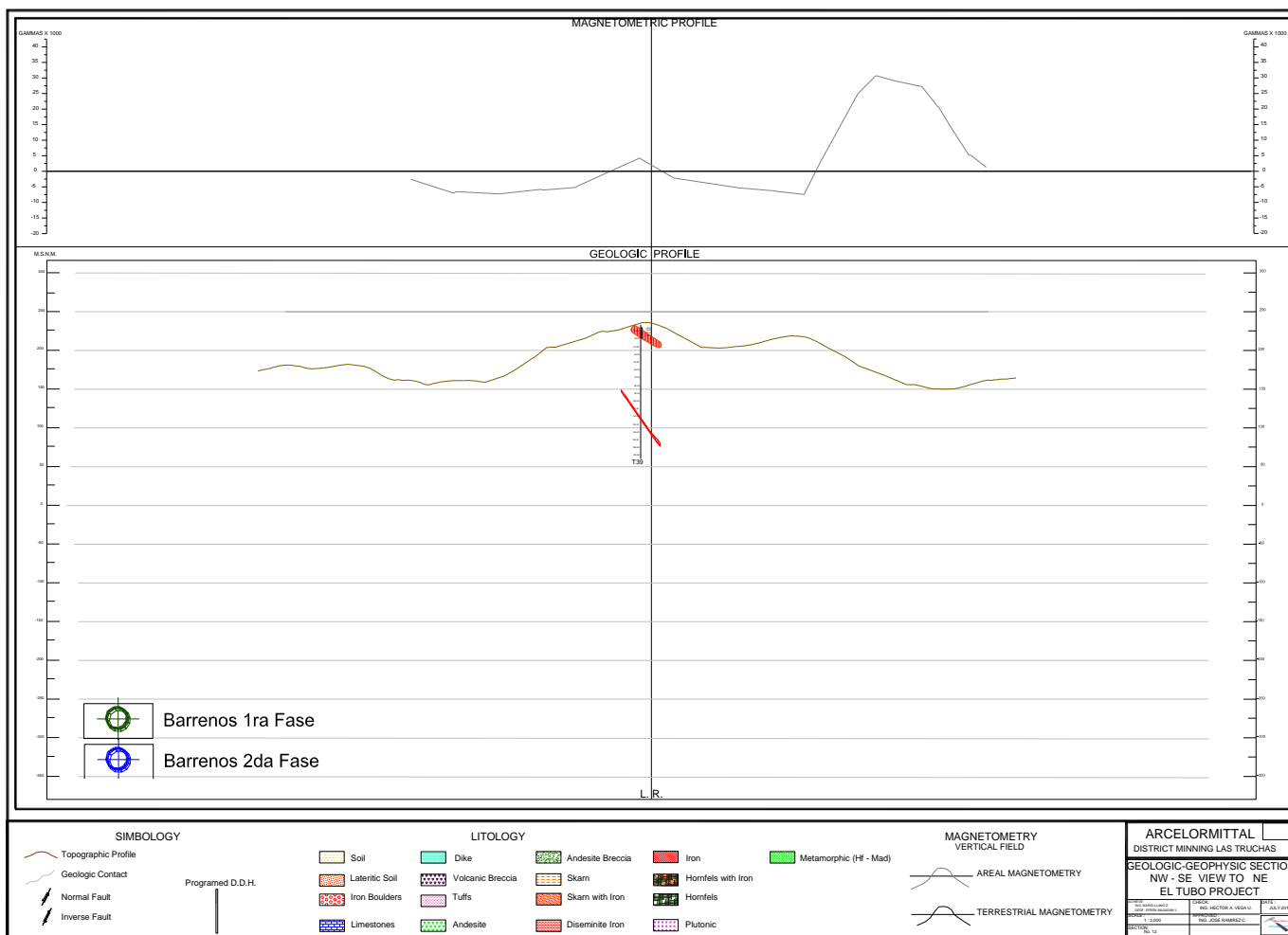
Sección geológica-geofísica No.9 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



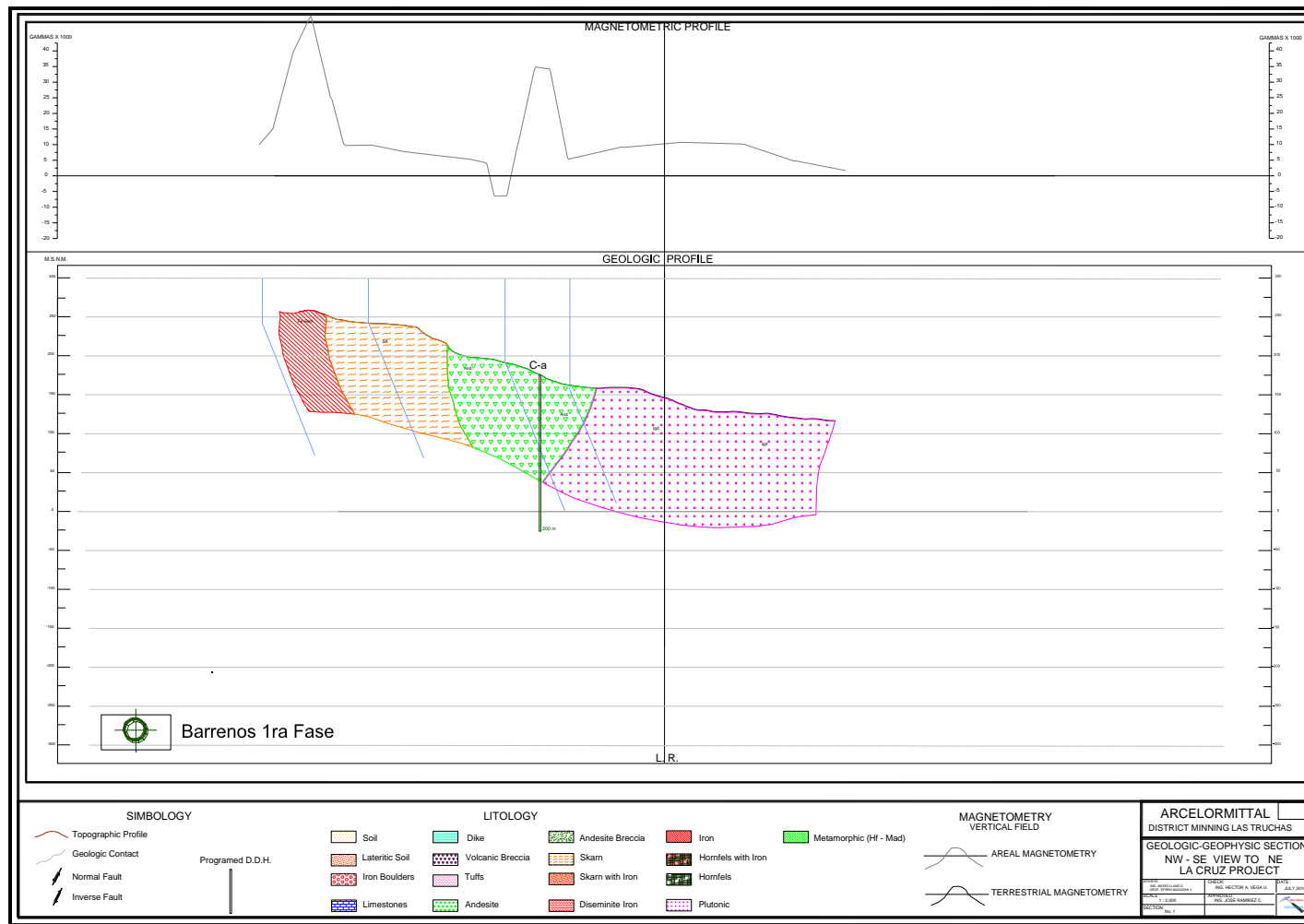
Sección geológica-geofísica No.10 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



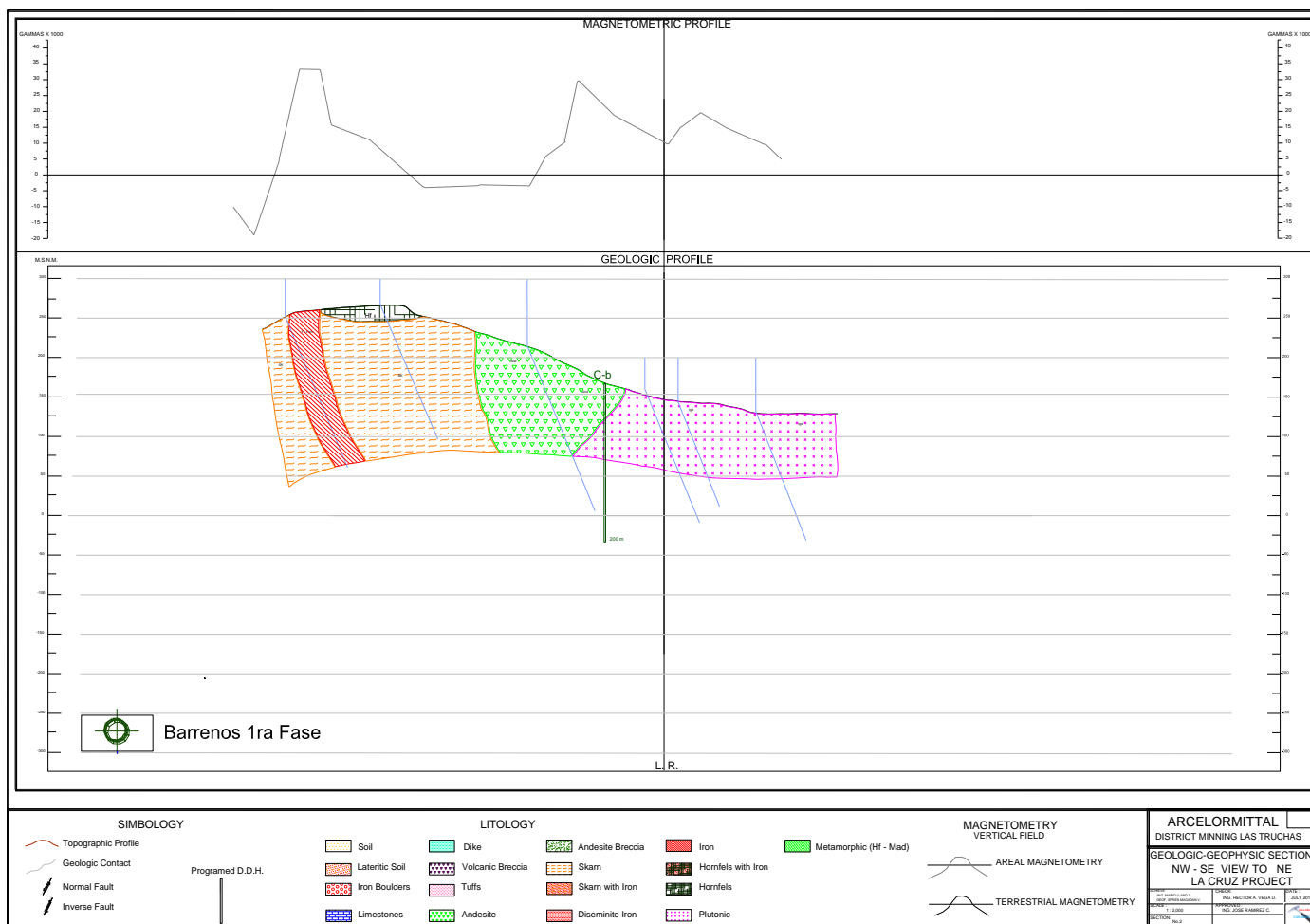
Sección geológica-geofísica No.11 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



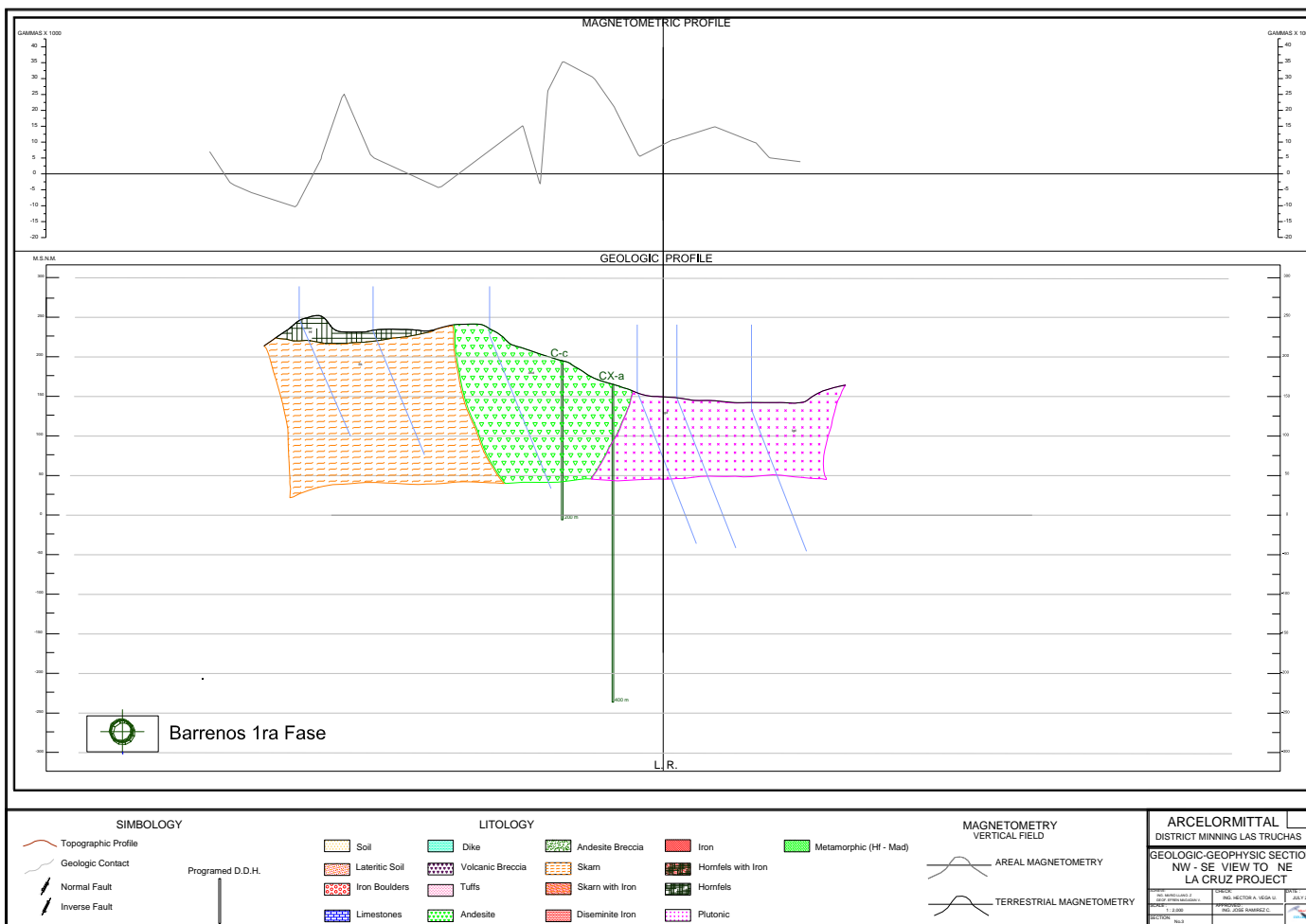
Sección geológica-geofísica No.12 con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto El Tubo, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



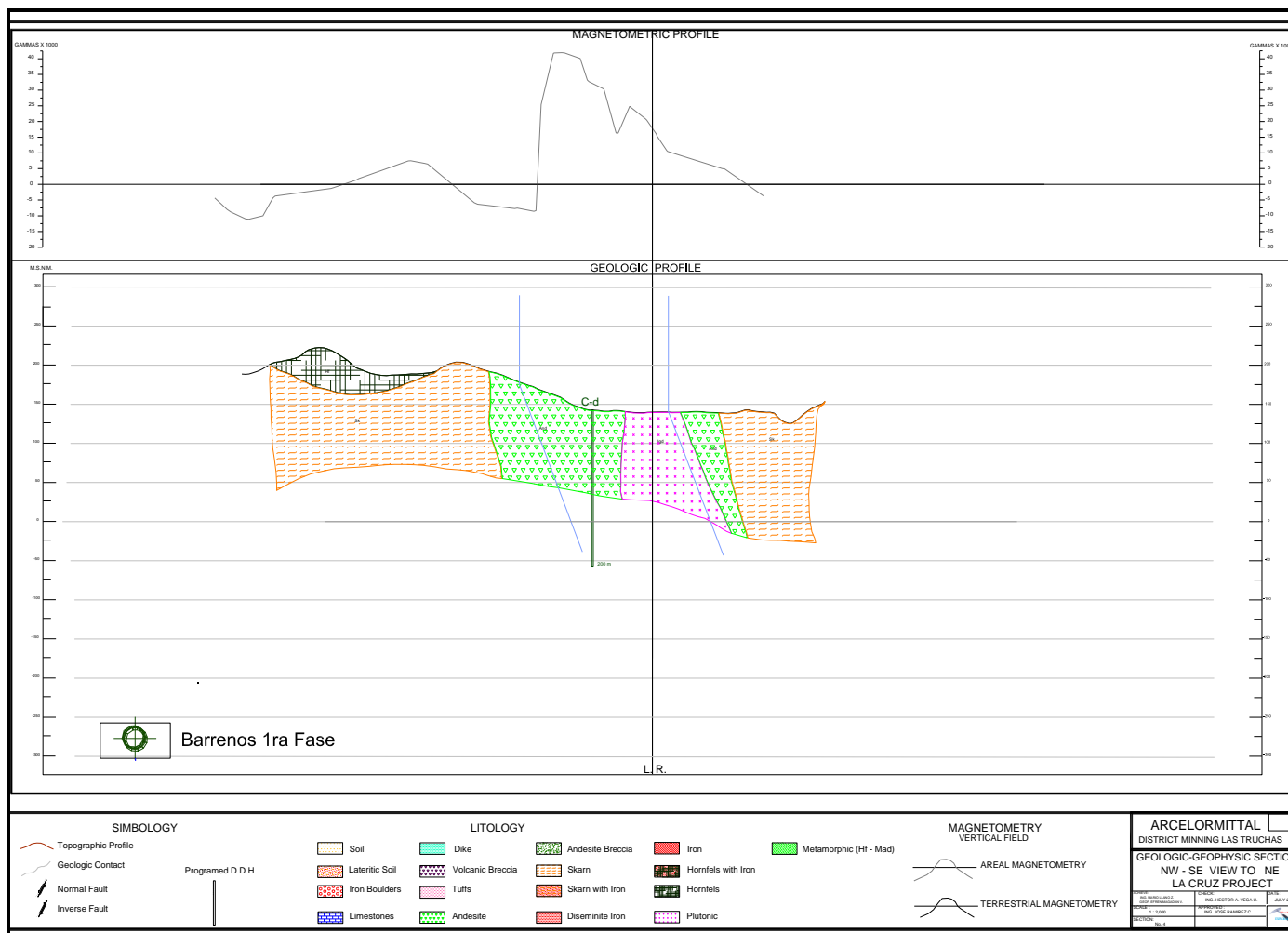
Sección geológica-geofísica No.1, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



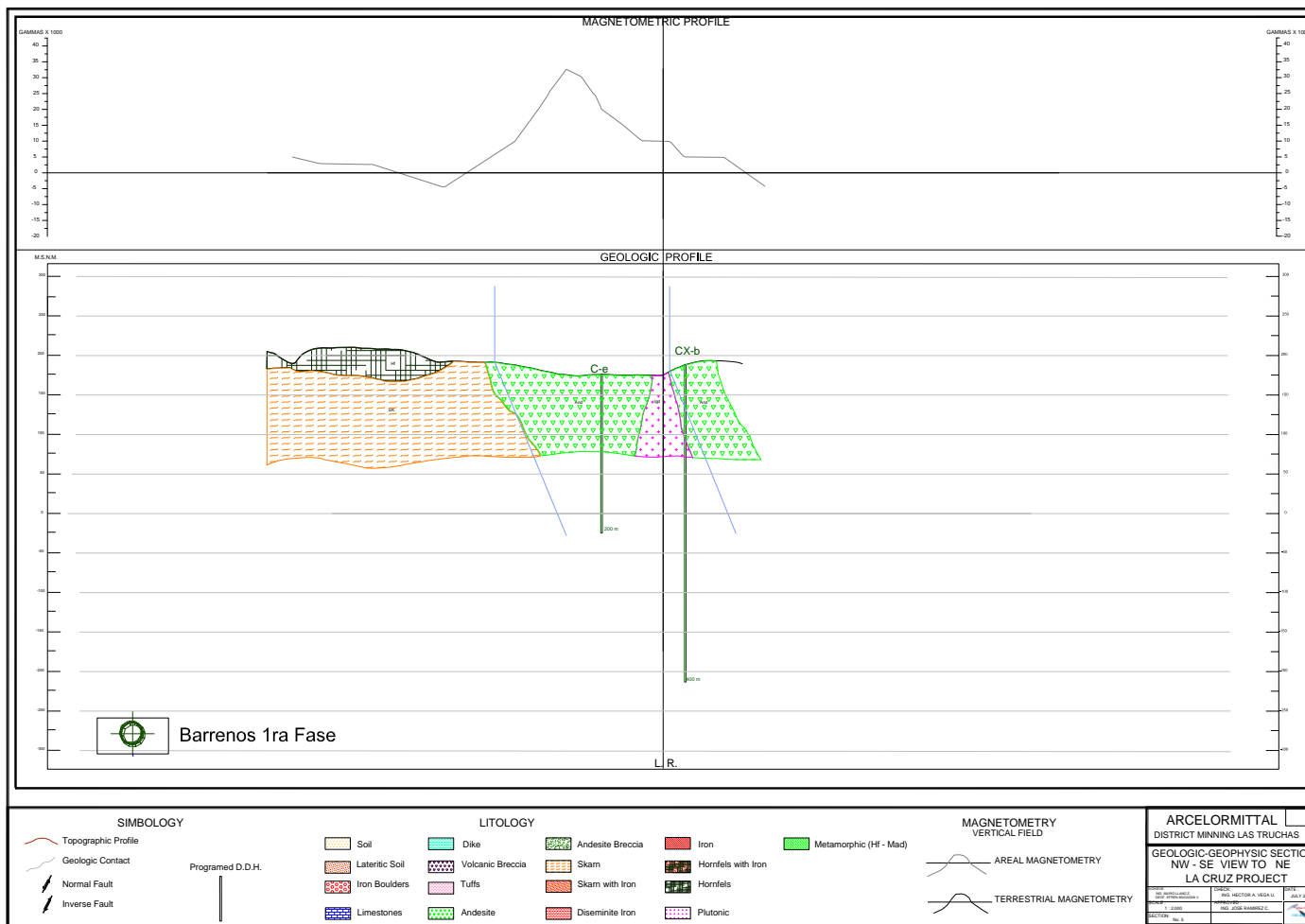
Sección geológica-geofísica No.2, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



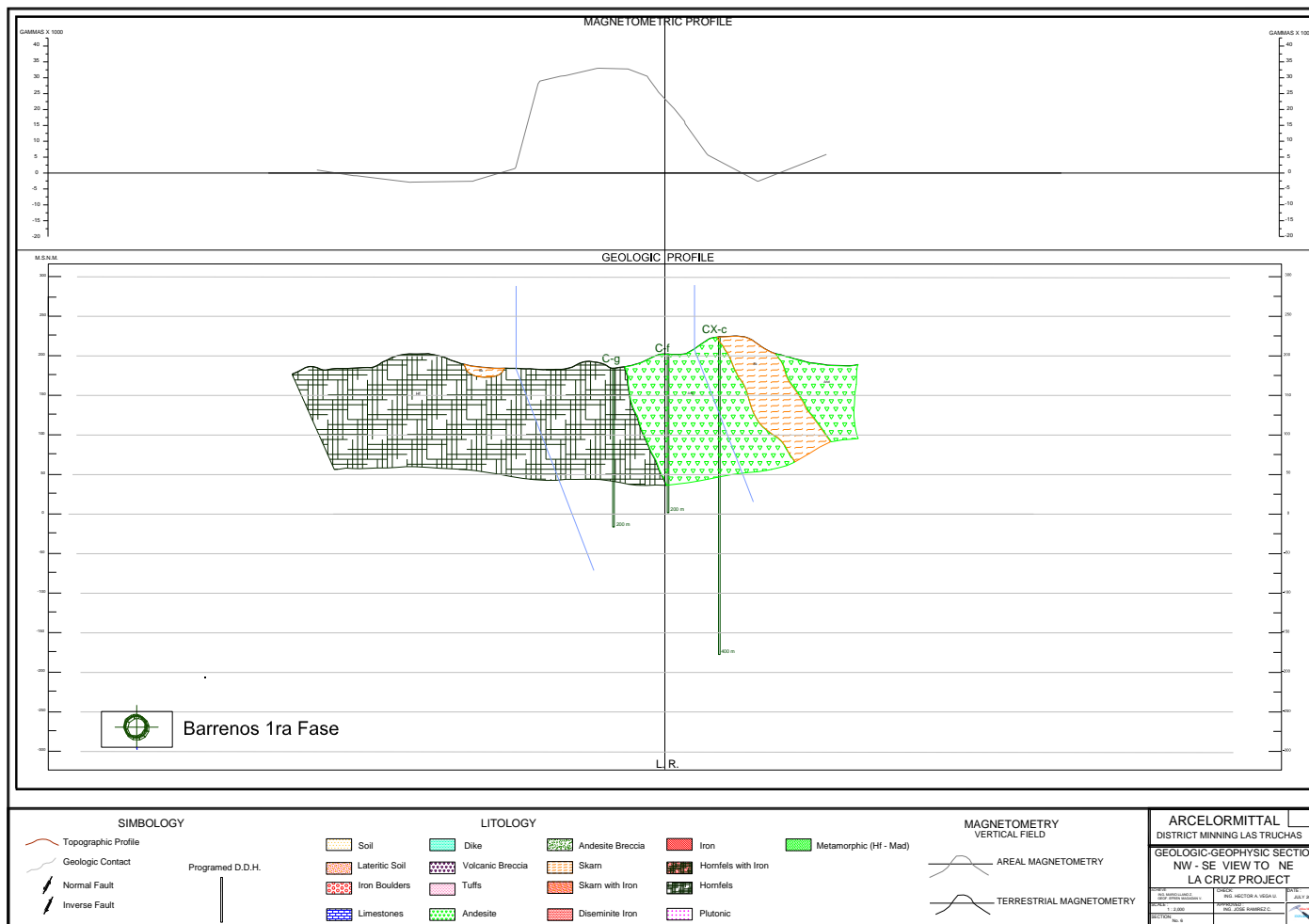
Sección geológica-geofísica No.3, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, Arcelormittal 2010.



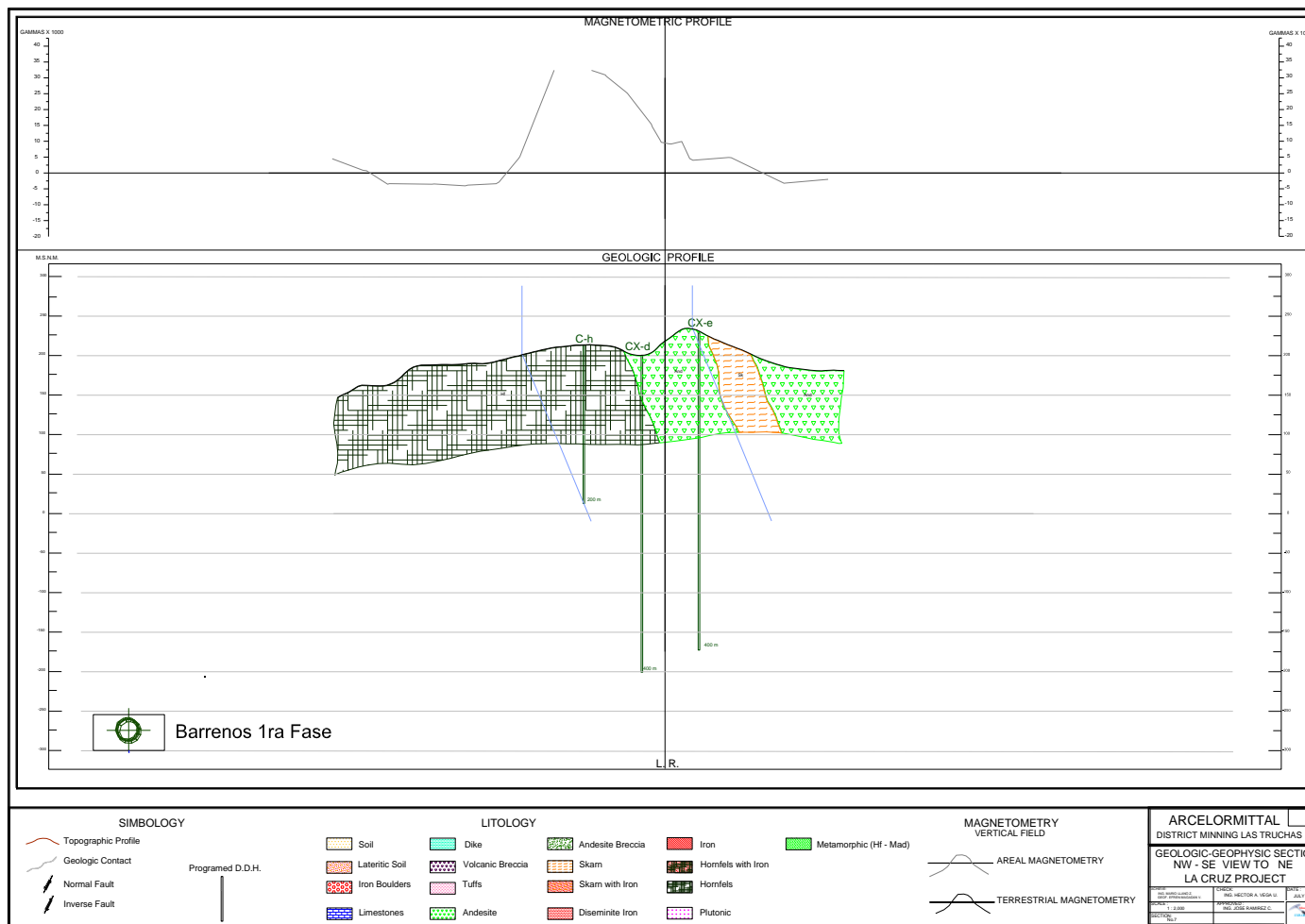
Sección geológica-geofísica No.4, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



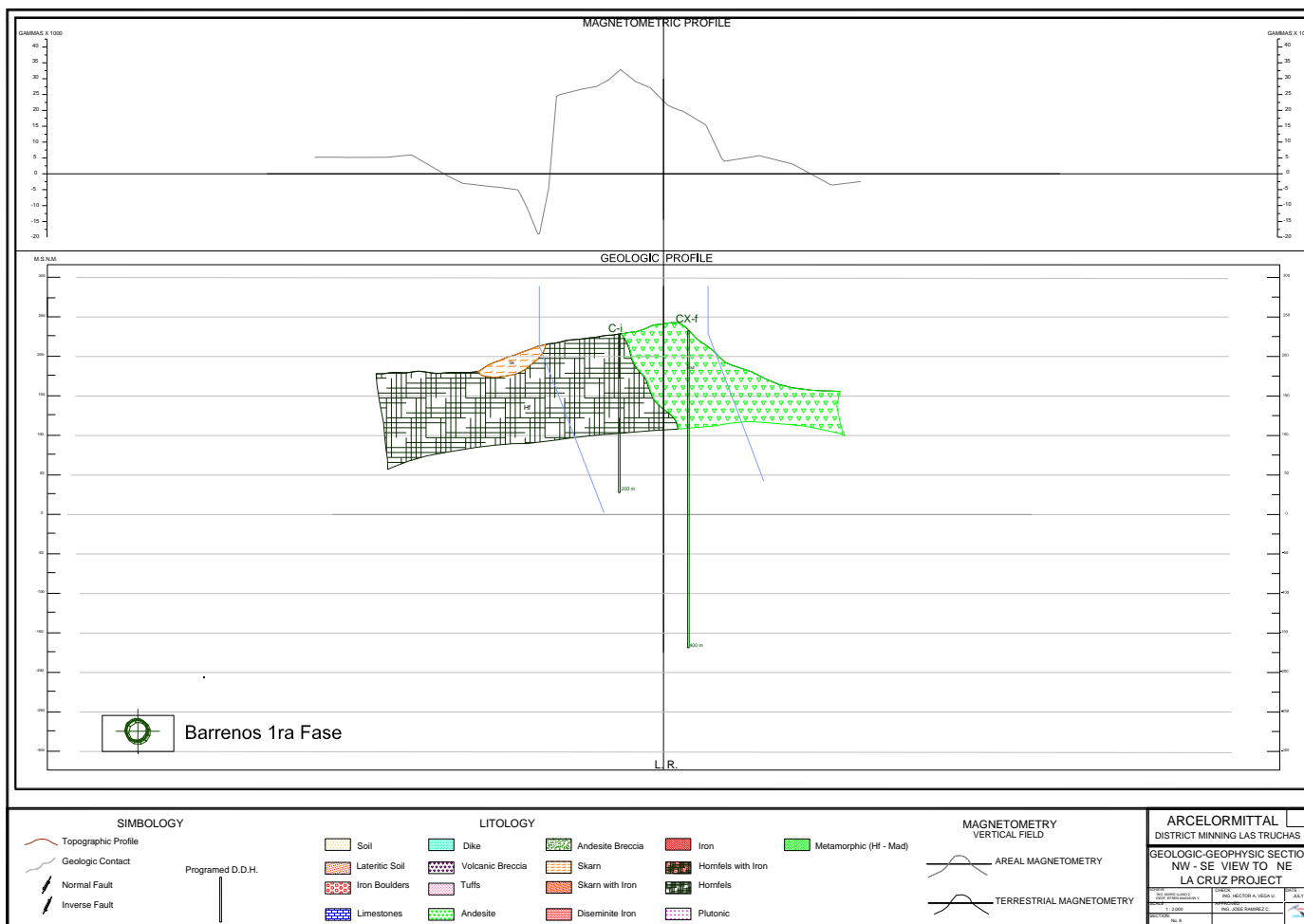
Sección geológica-geofísica No.5, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal 2010.



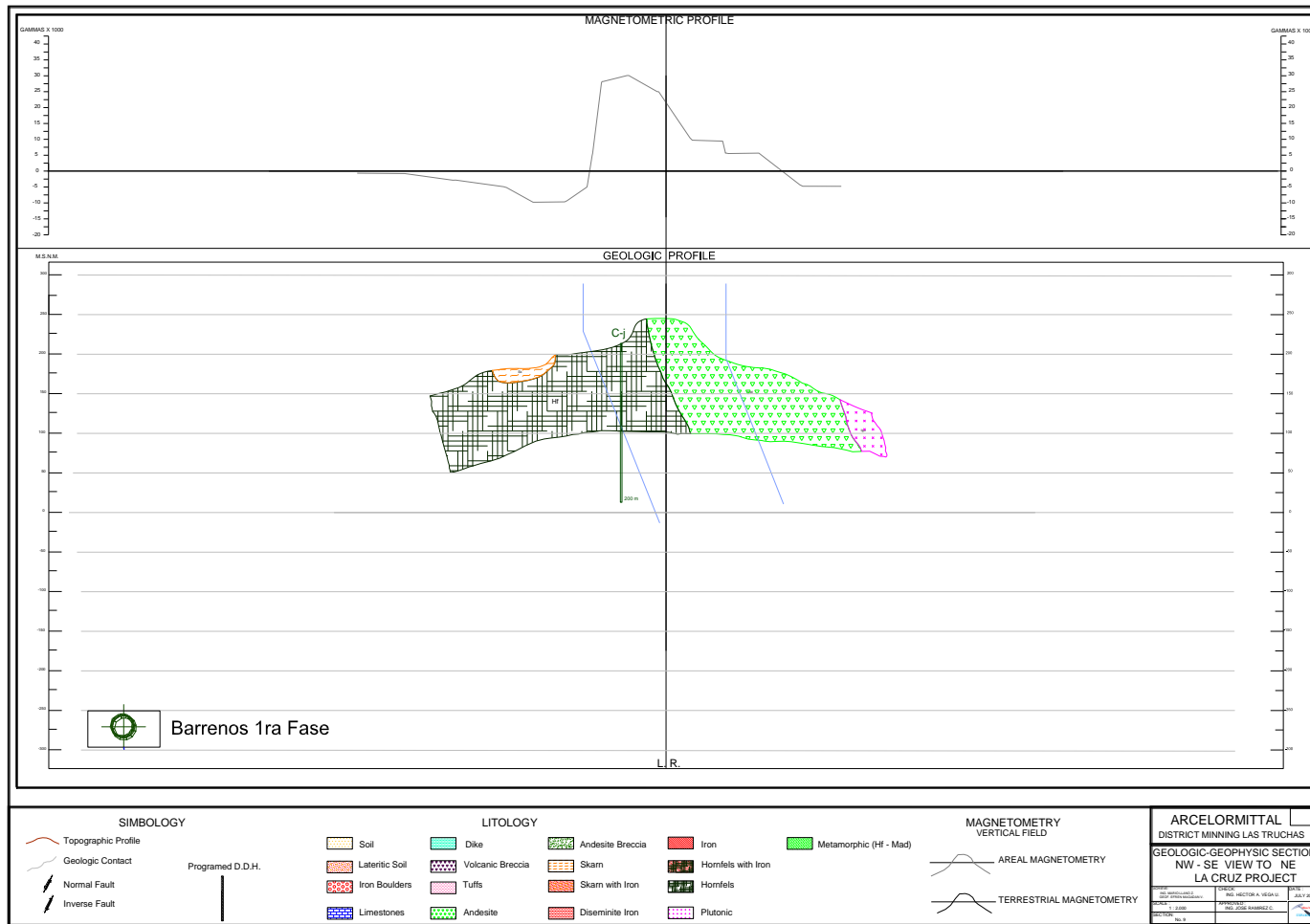
Sección geológica-geofísica No.6, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



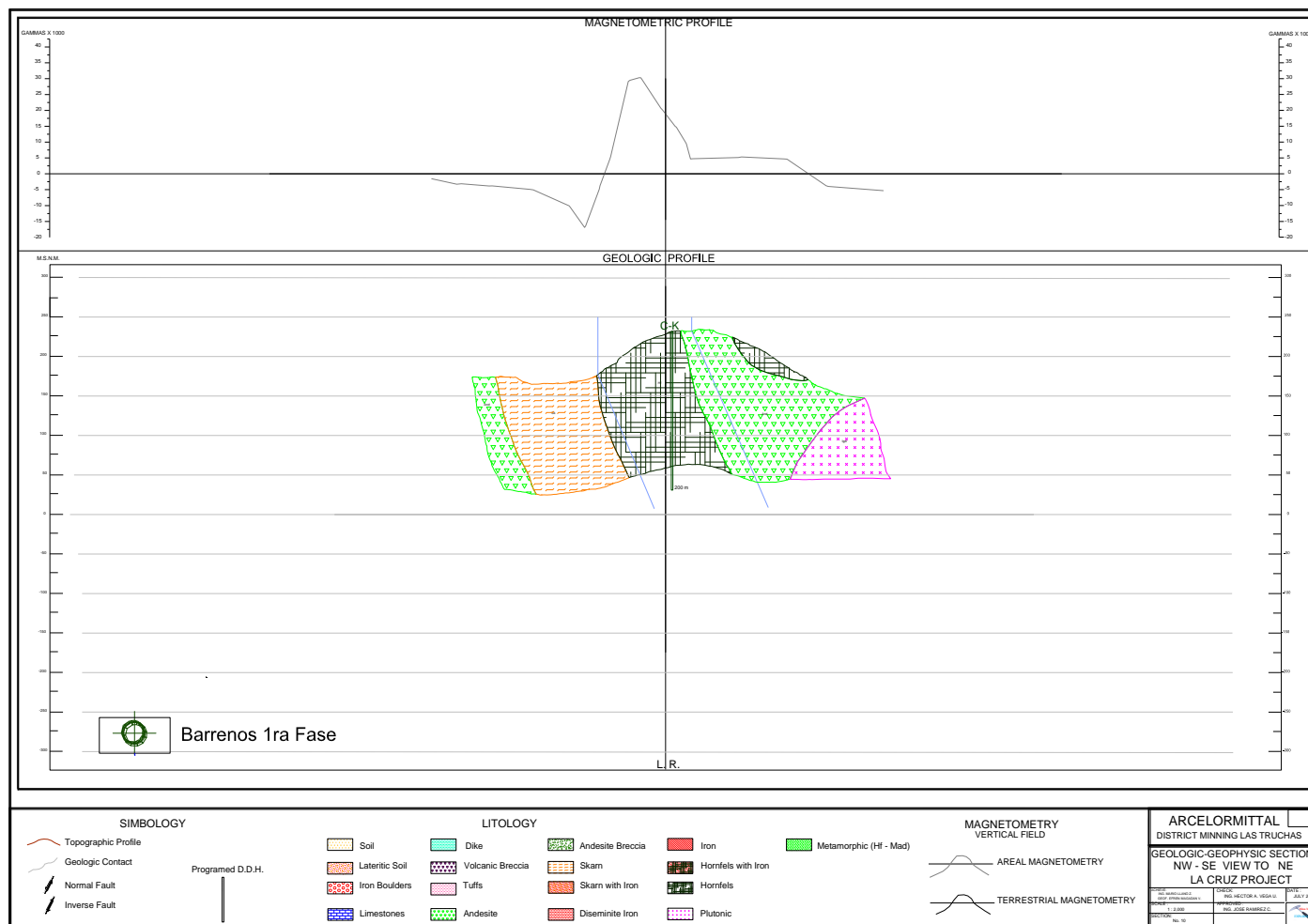
Sección geológica-geofísica No.7, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal 2010.



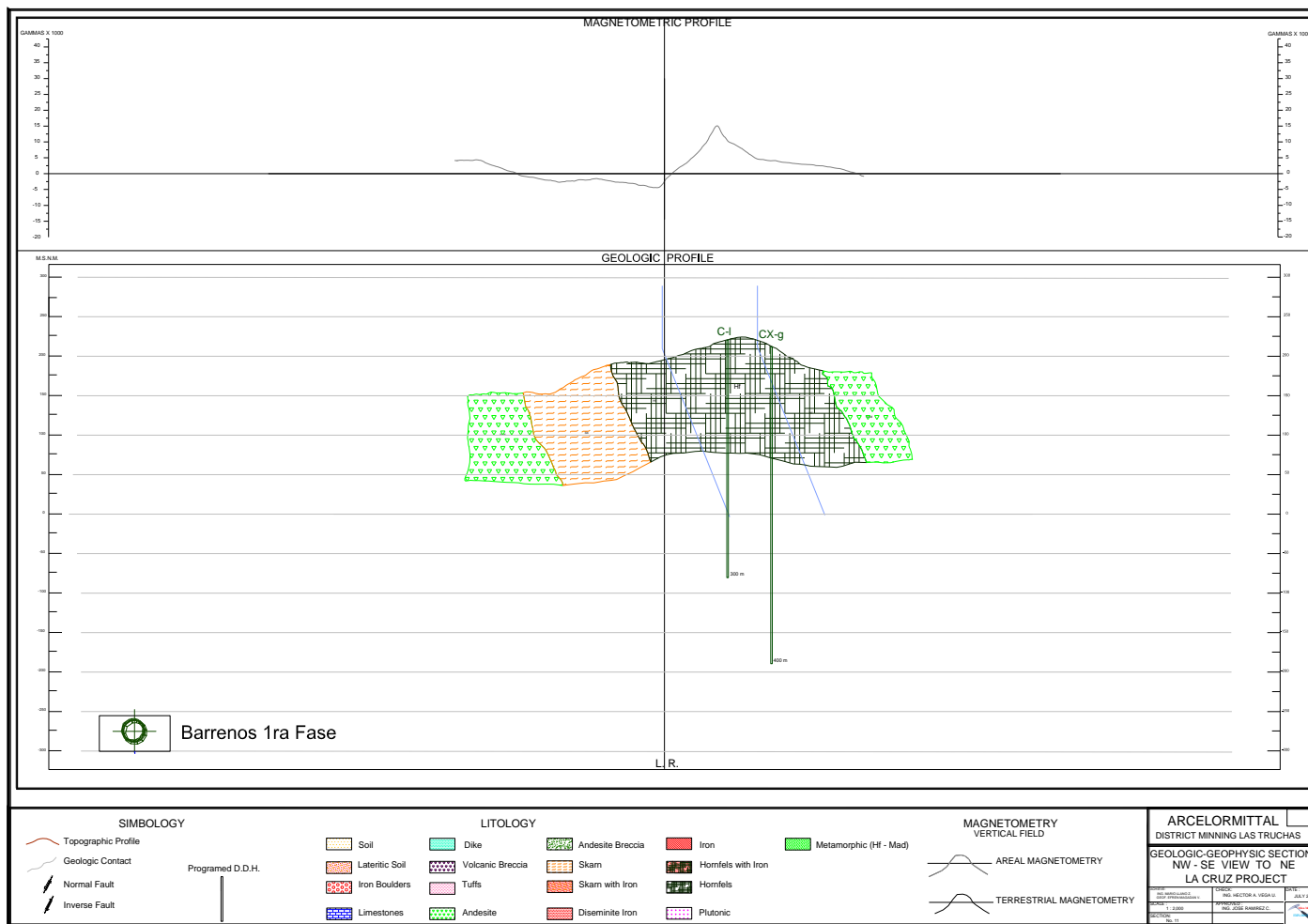
Sección geológica-geofísica No.8, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



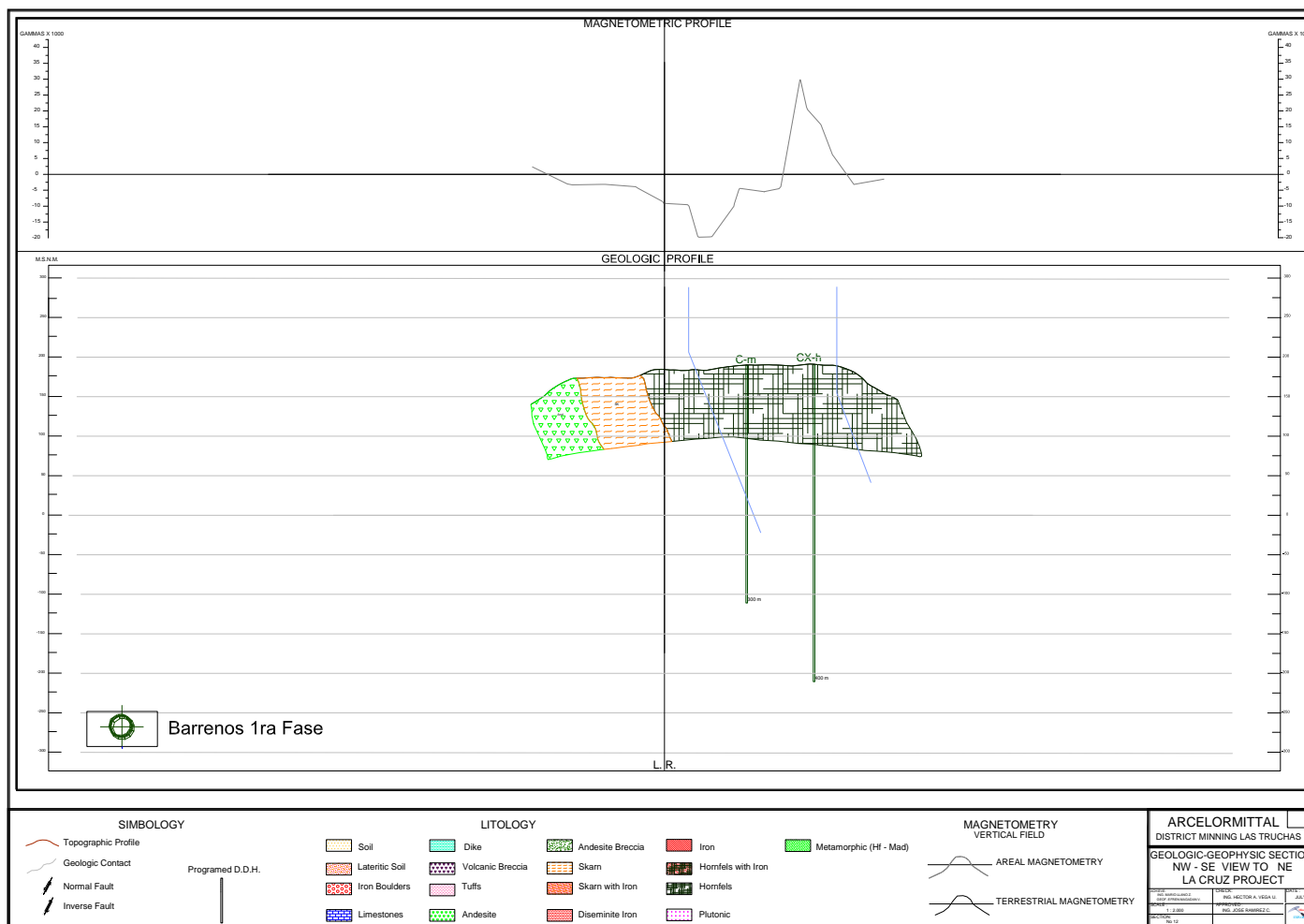
Sección geológica-geofísica No.9, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal. 2010.



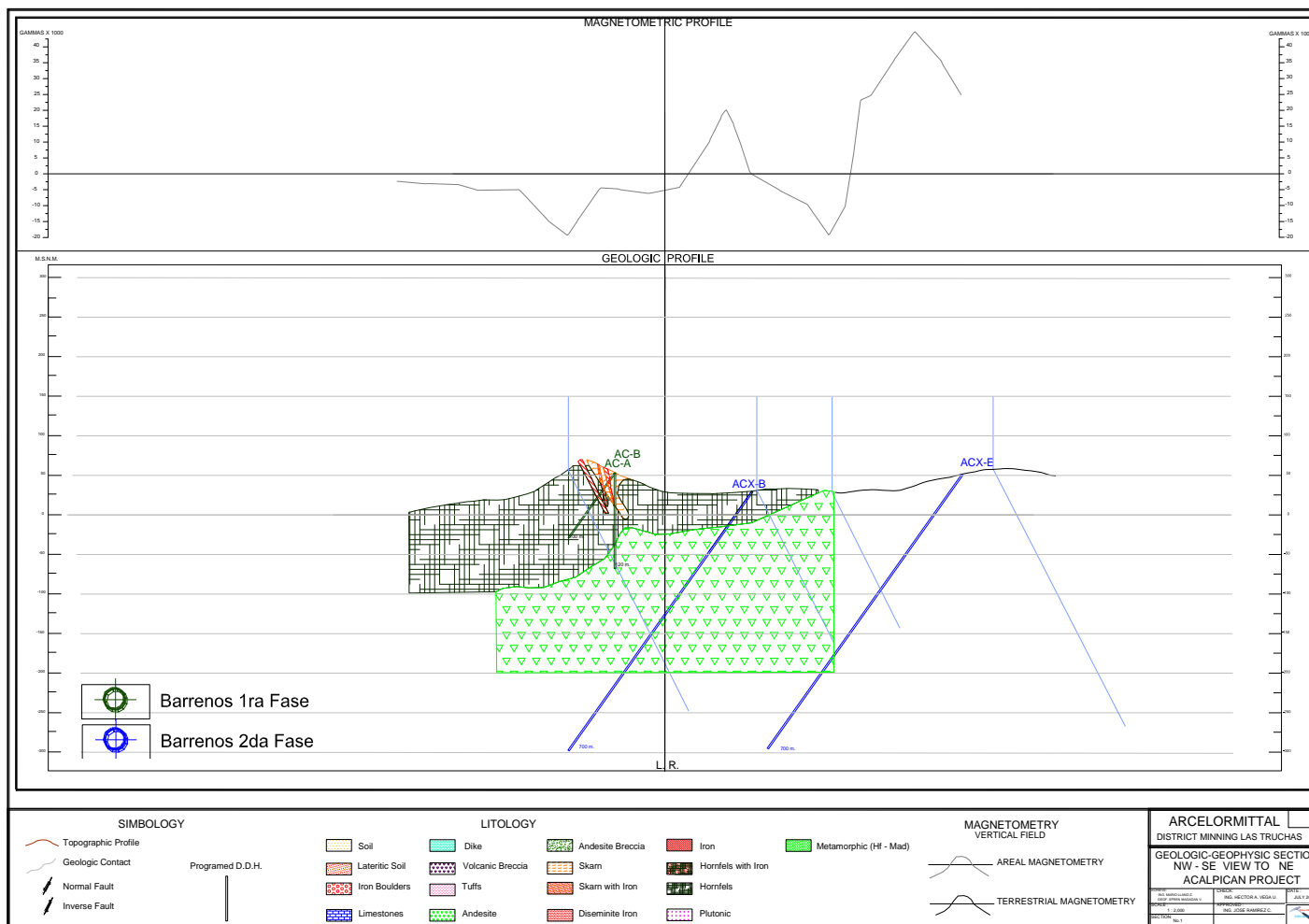
Sección geológica-geofísica No.10, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



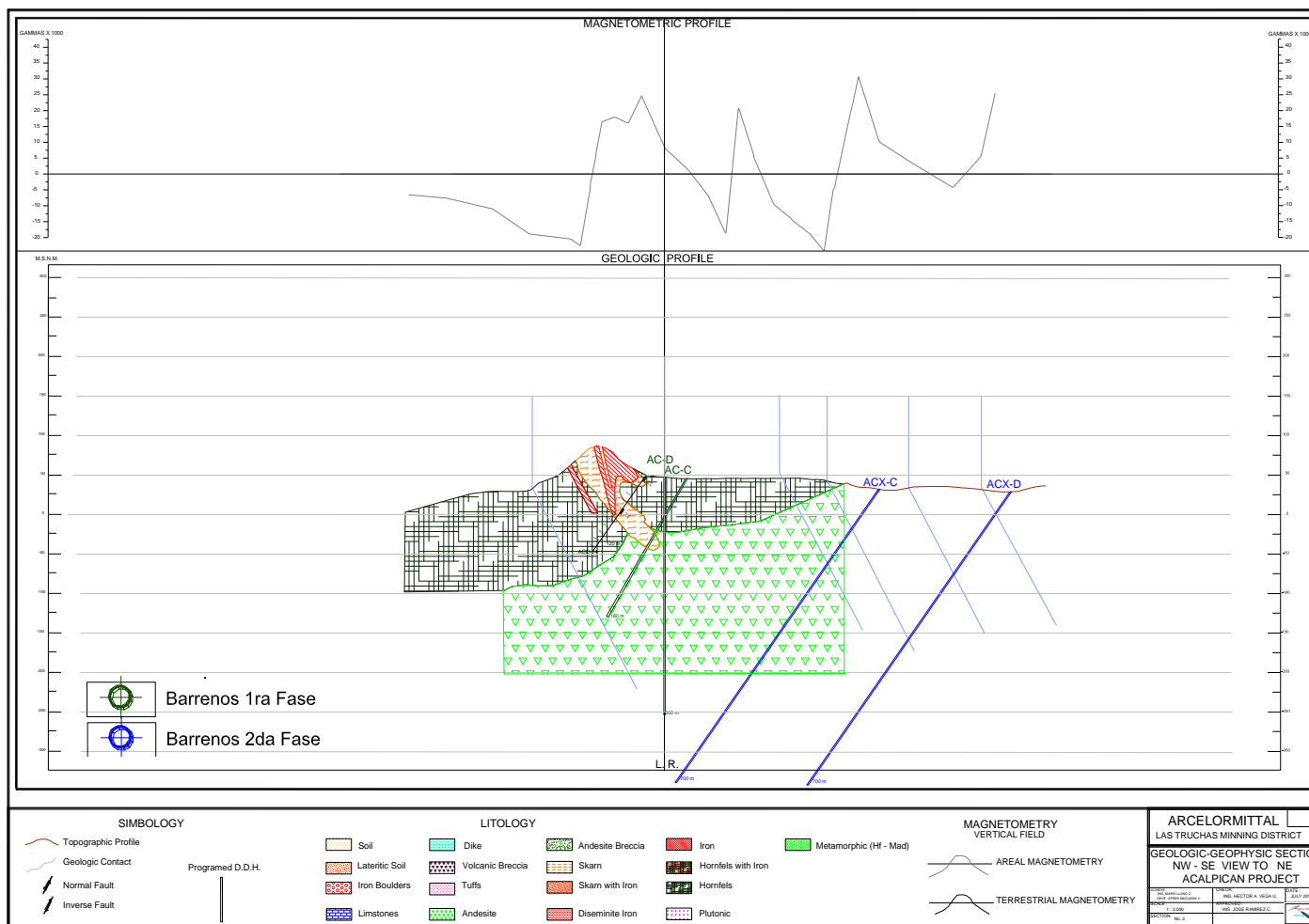
Sección geológica-geofísica No.11, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



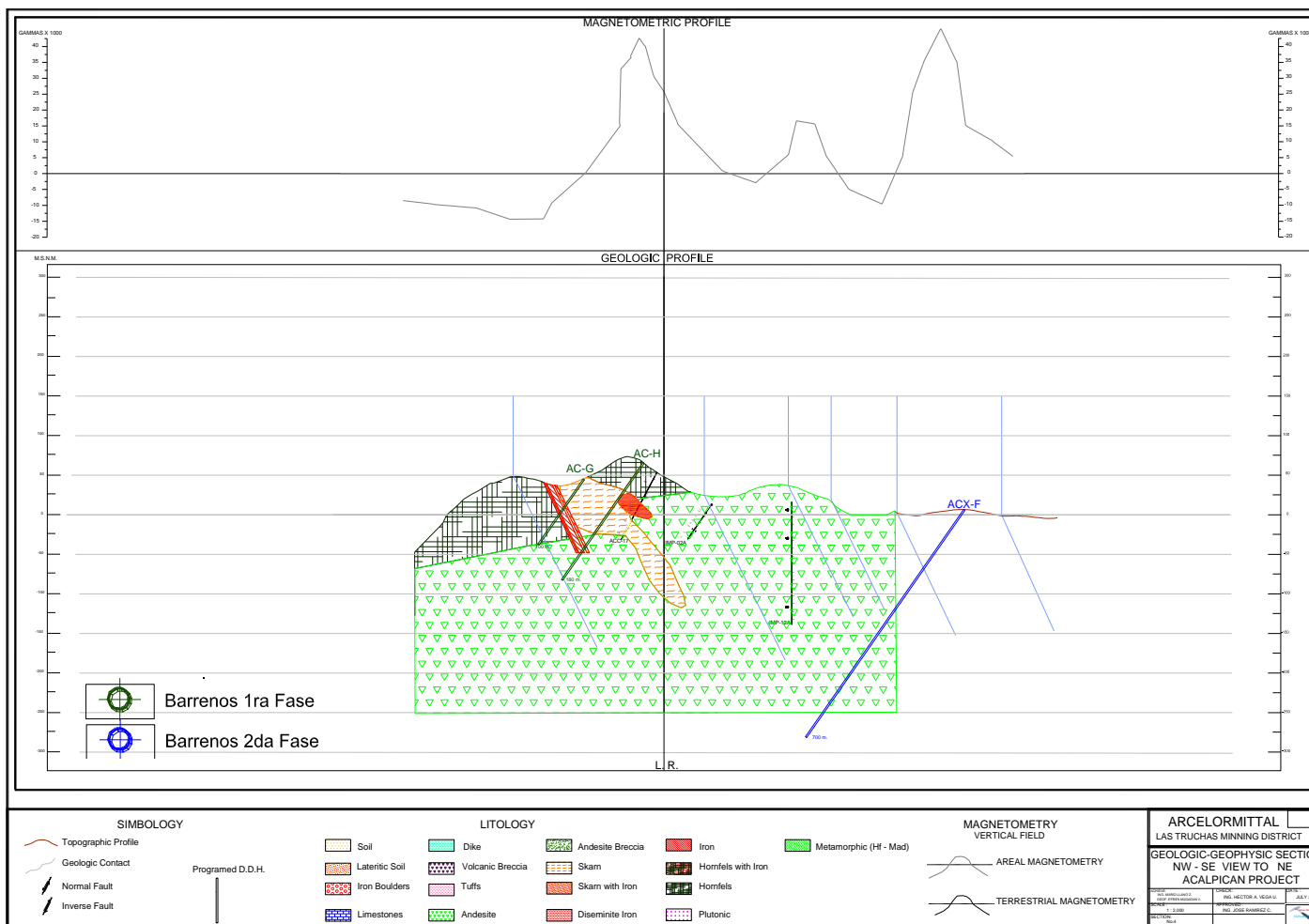
Sección geológica-geofísica No.12, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto La Cruz, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



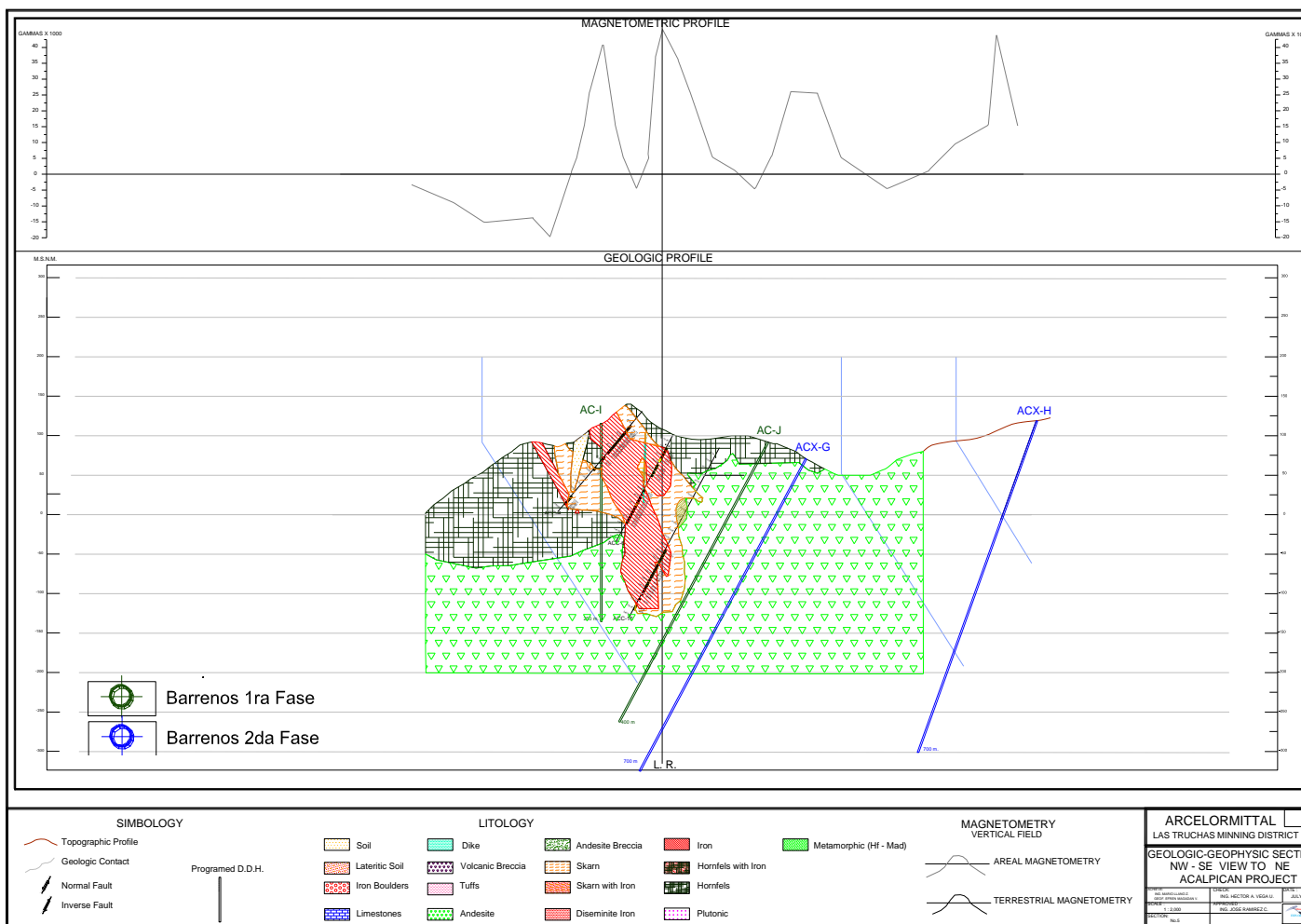
Sección geológica-geofísica No.1, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



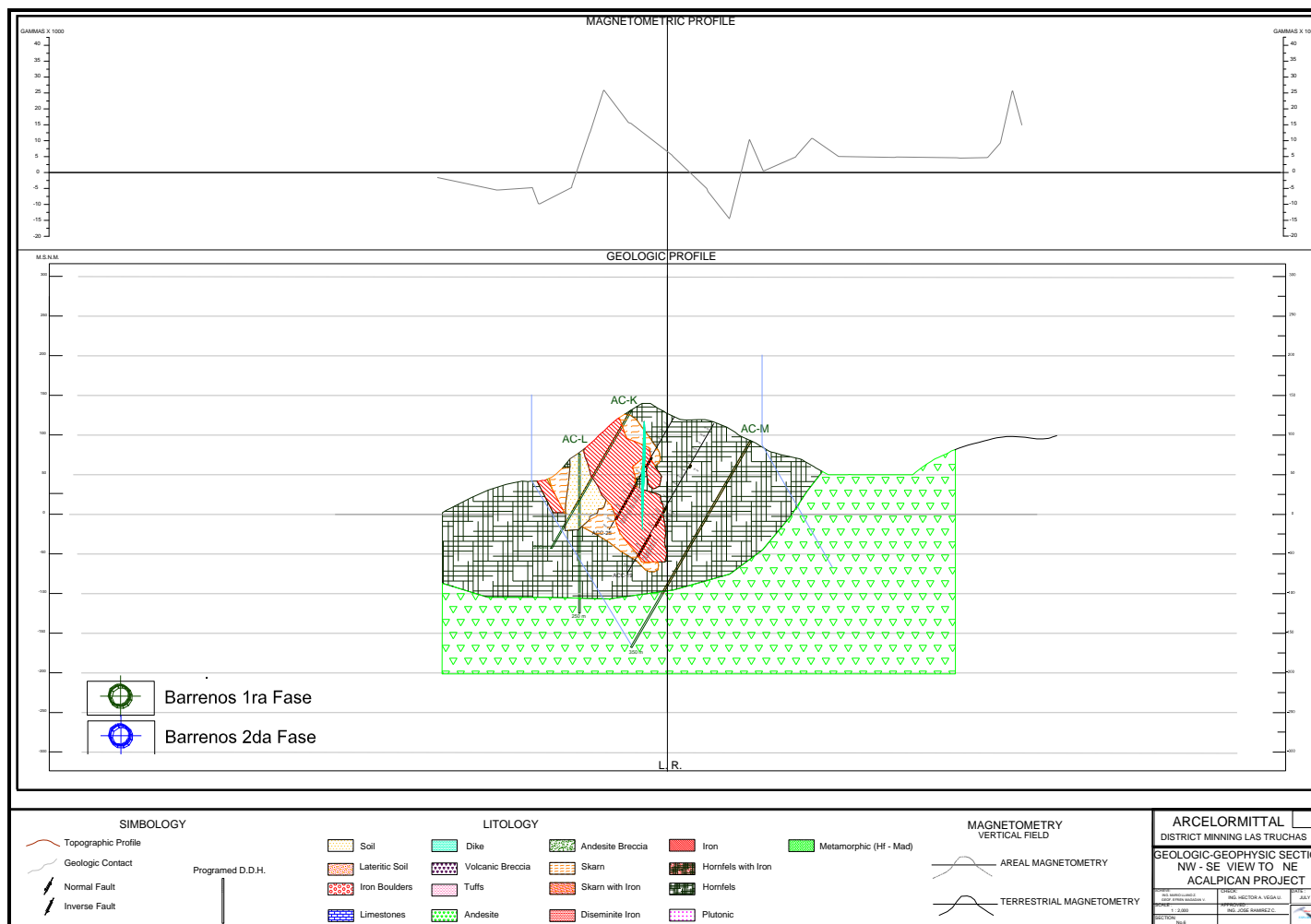
Sección geológica-geofísica No.2, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



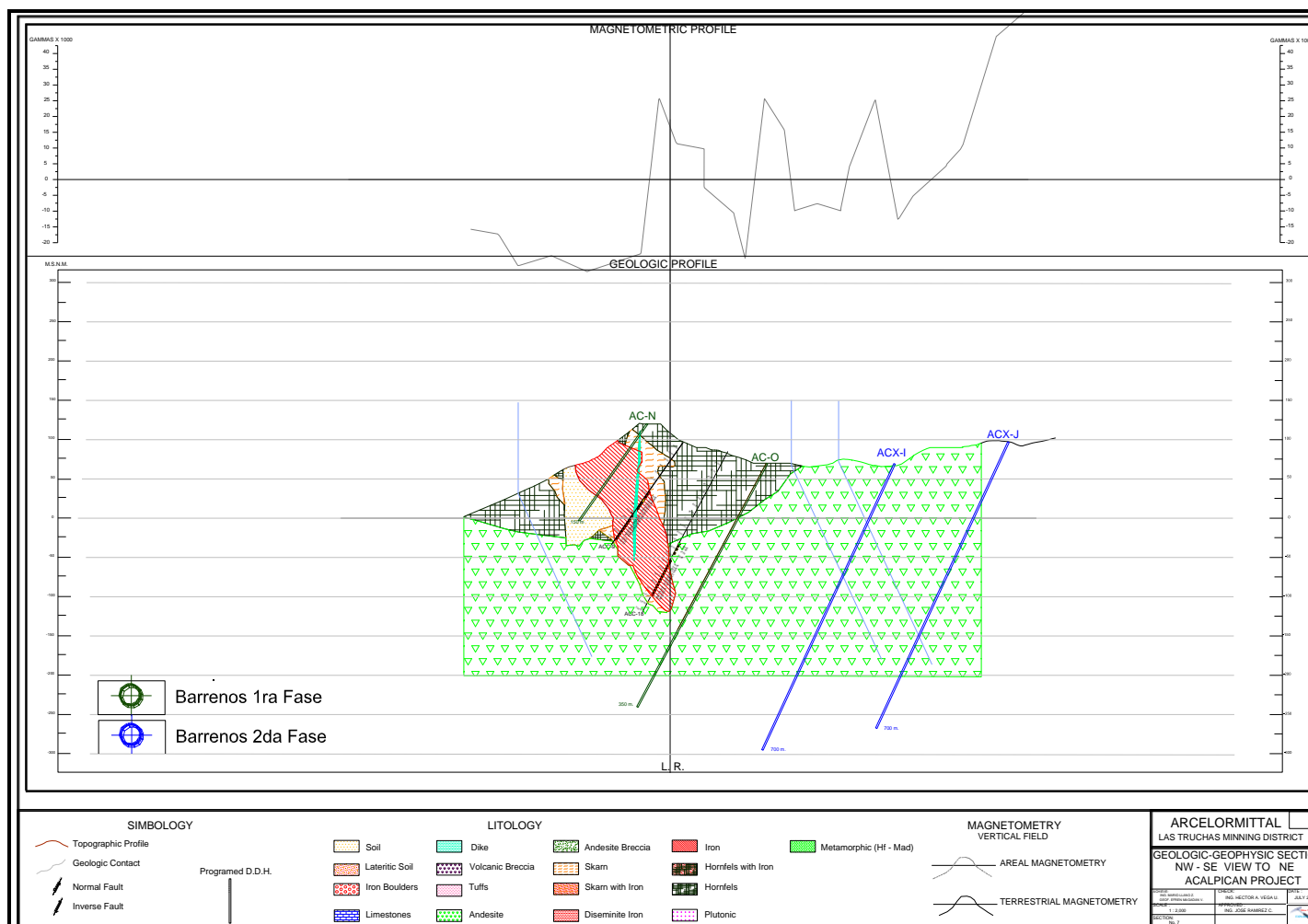
Sección geológica-geofísica No.4, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



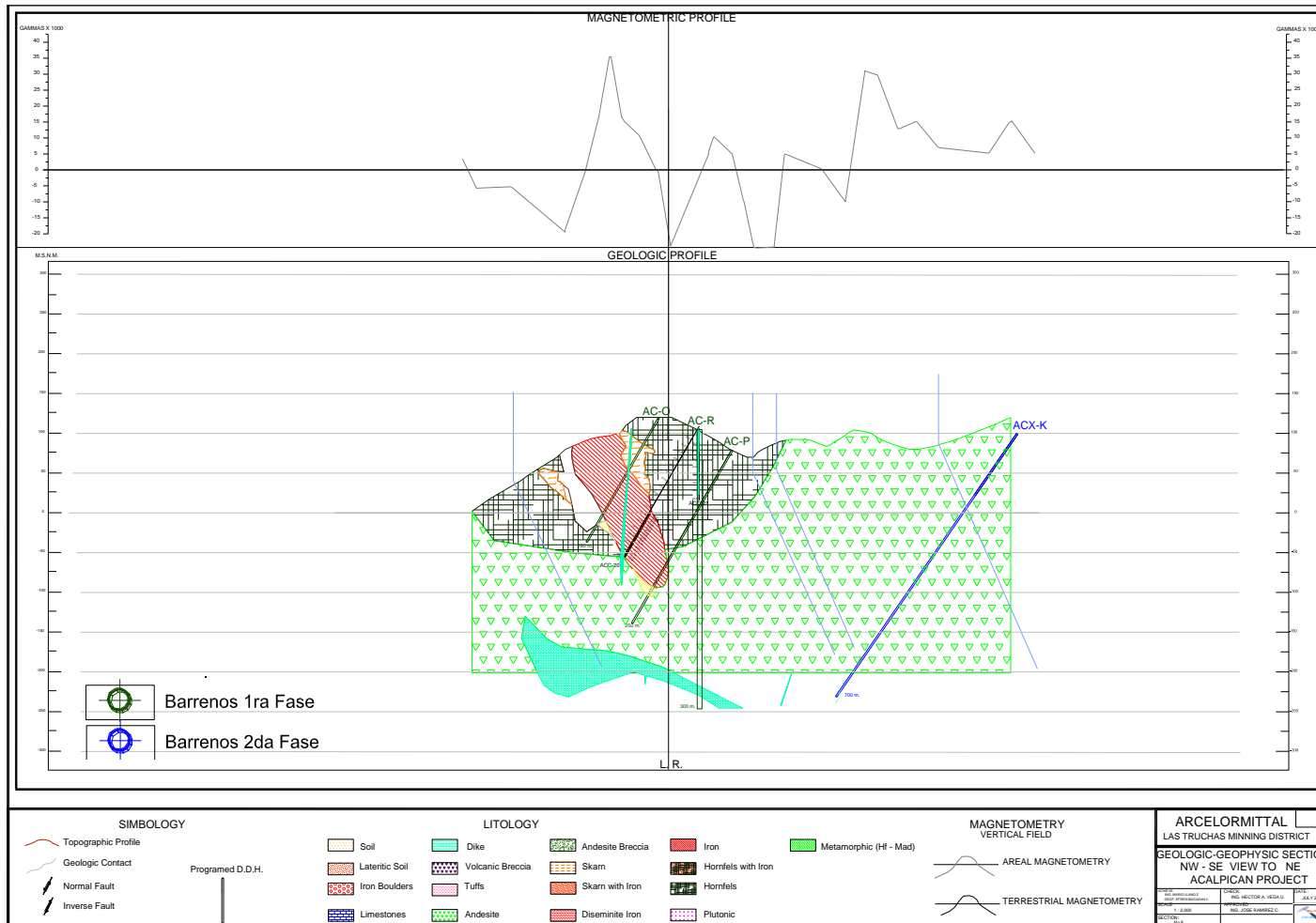
Sección geológica-geofísica No.5, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



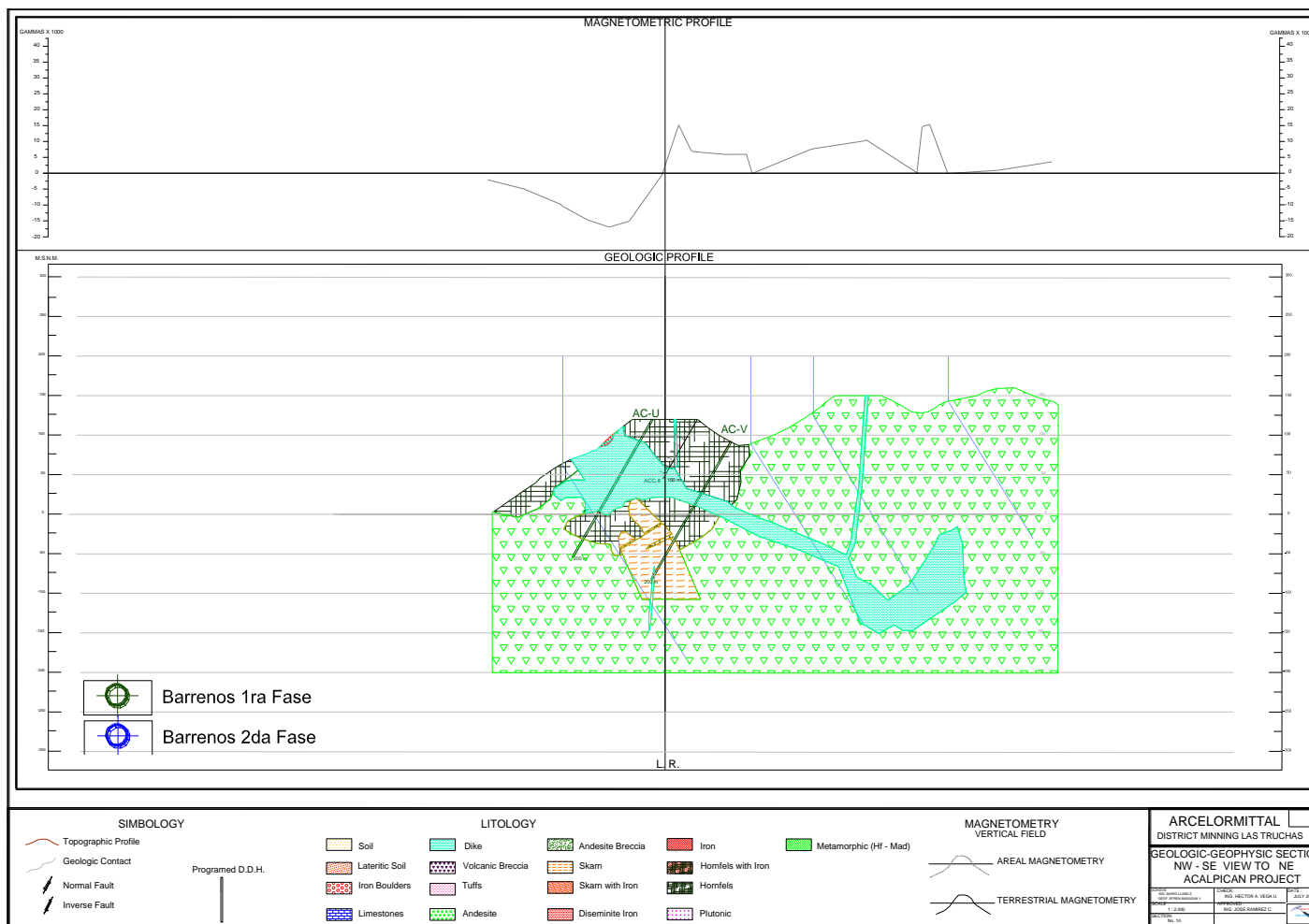
Sección geológica-geofísica No.6, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



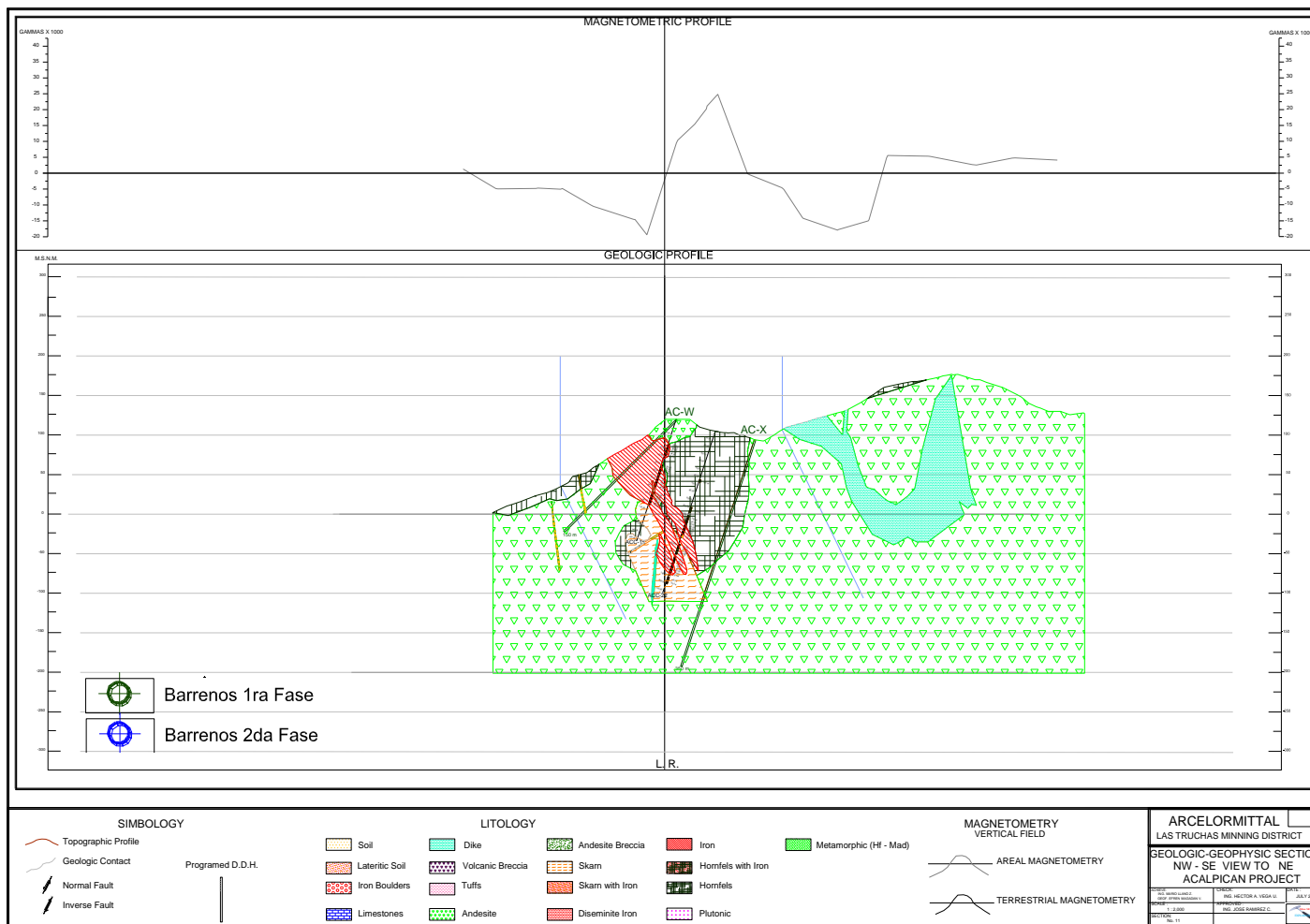
Sección geológica-geofísica No.7, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



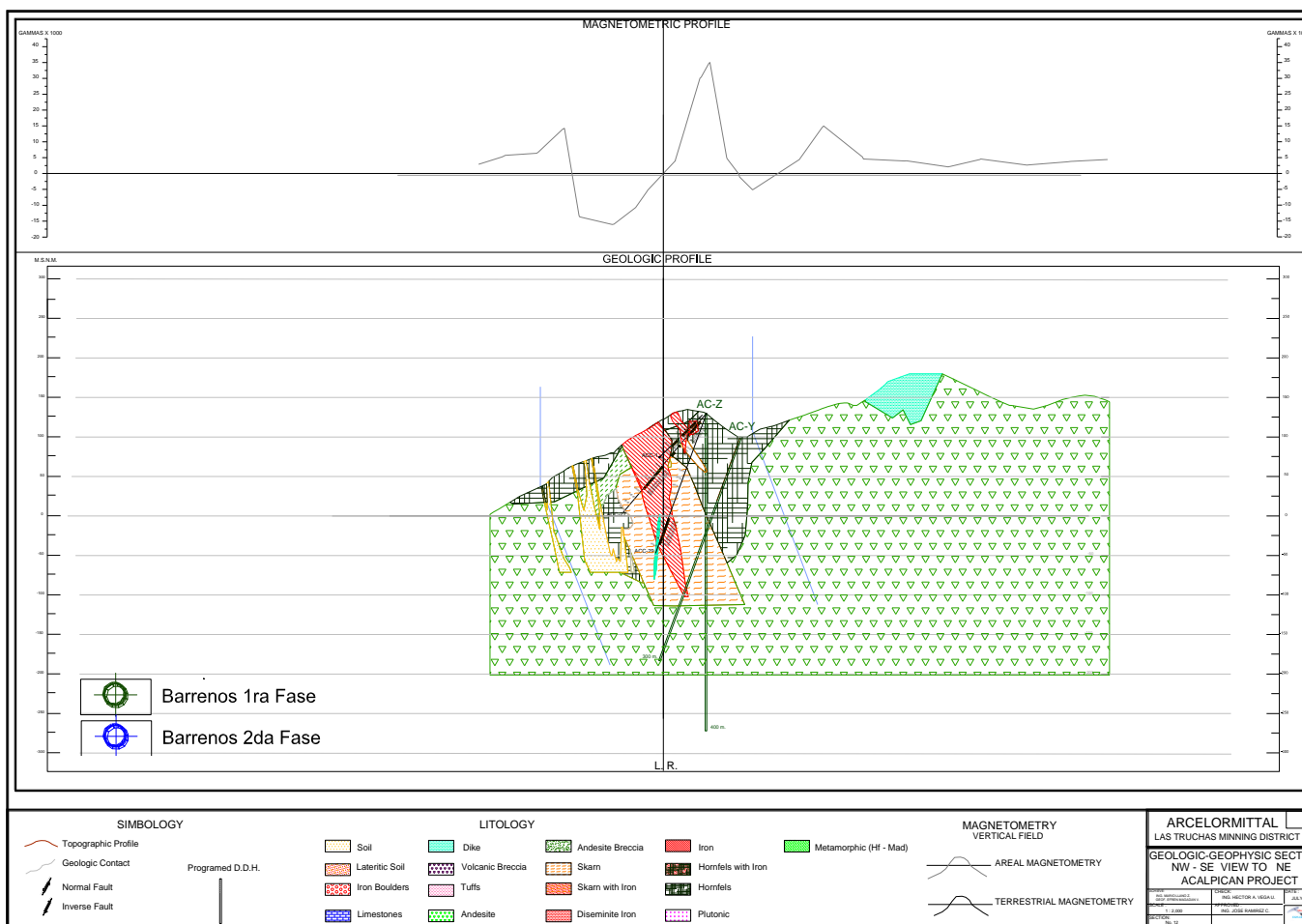
Sección geológica-geofísica No.8, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



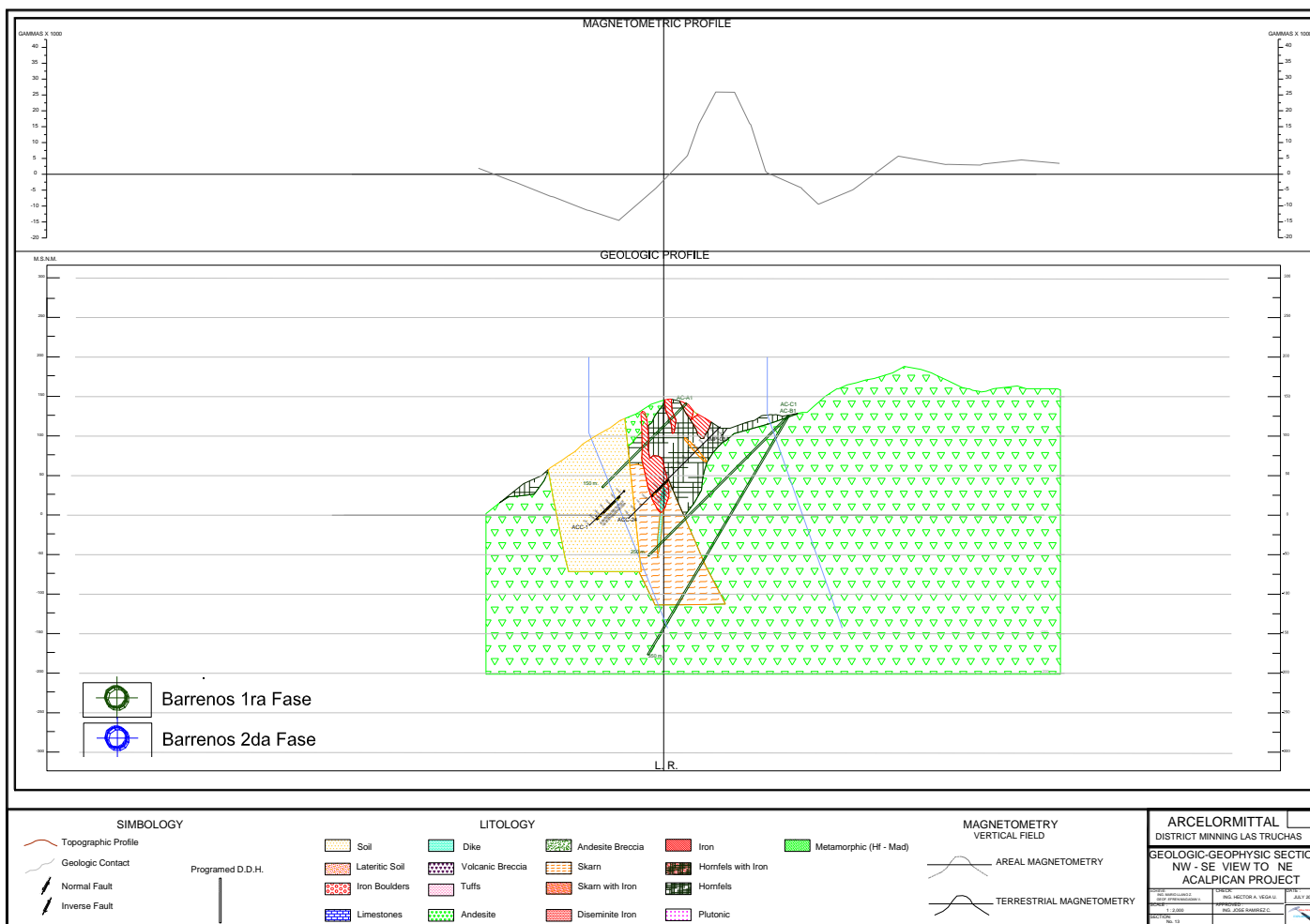
Sección geológica-geofísica No.10, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



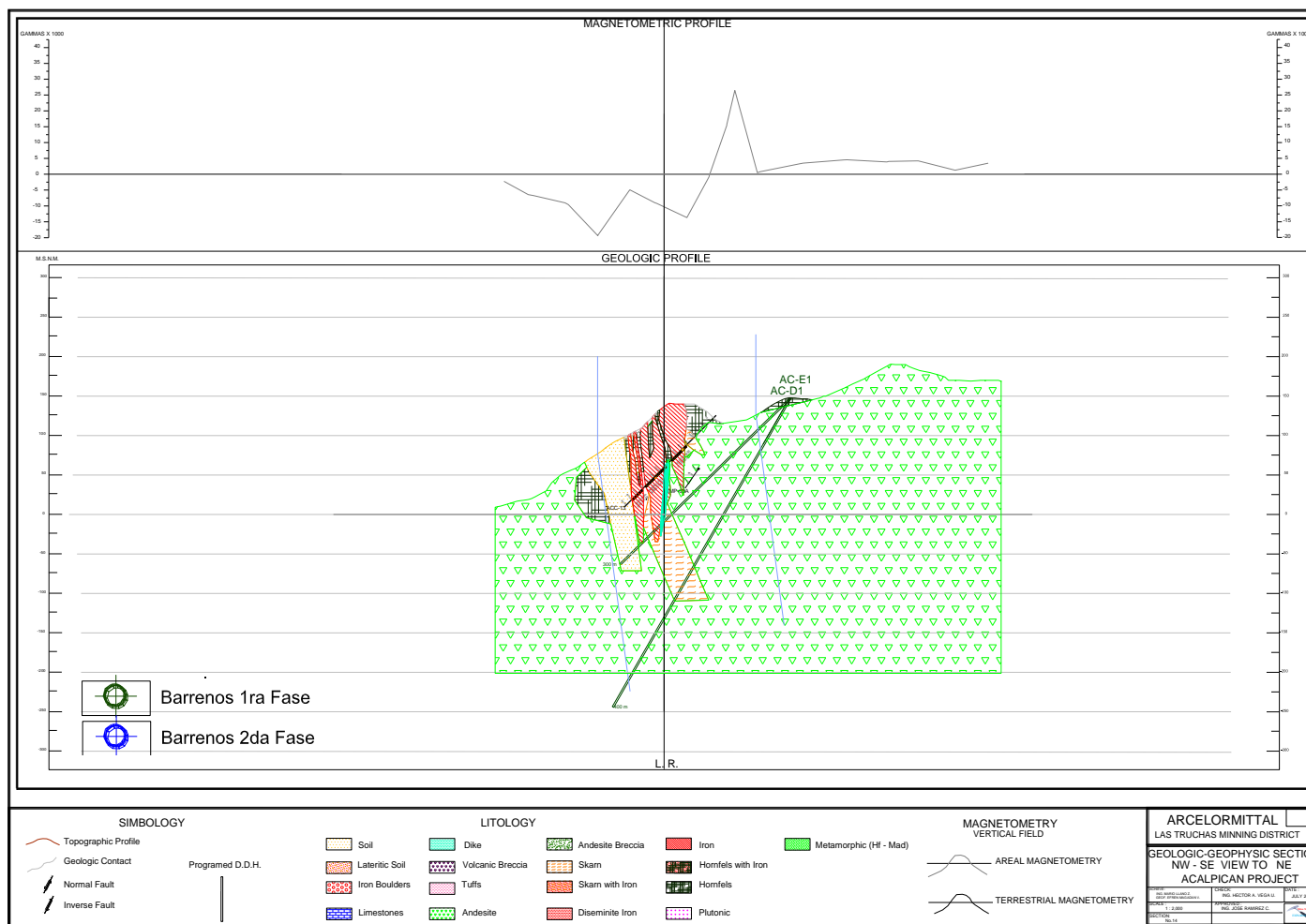
Sección geológica-geofísica No.11, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



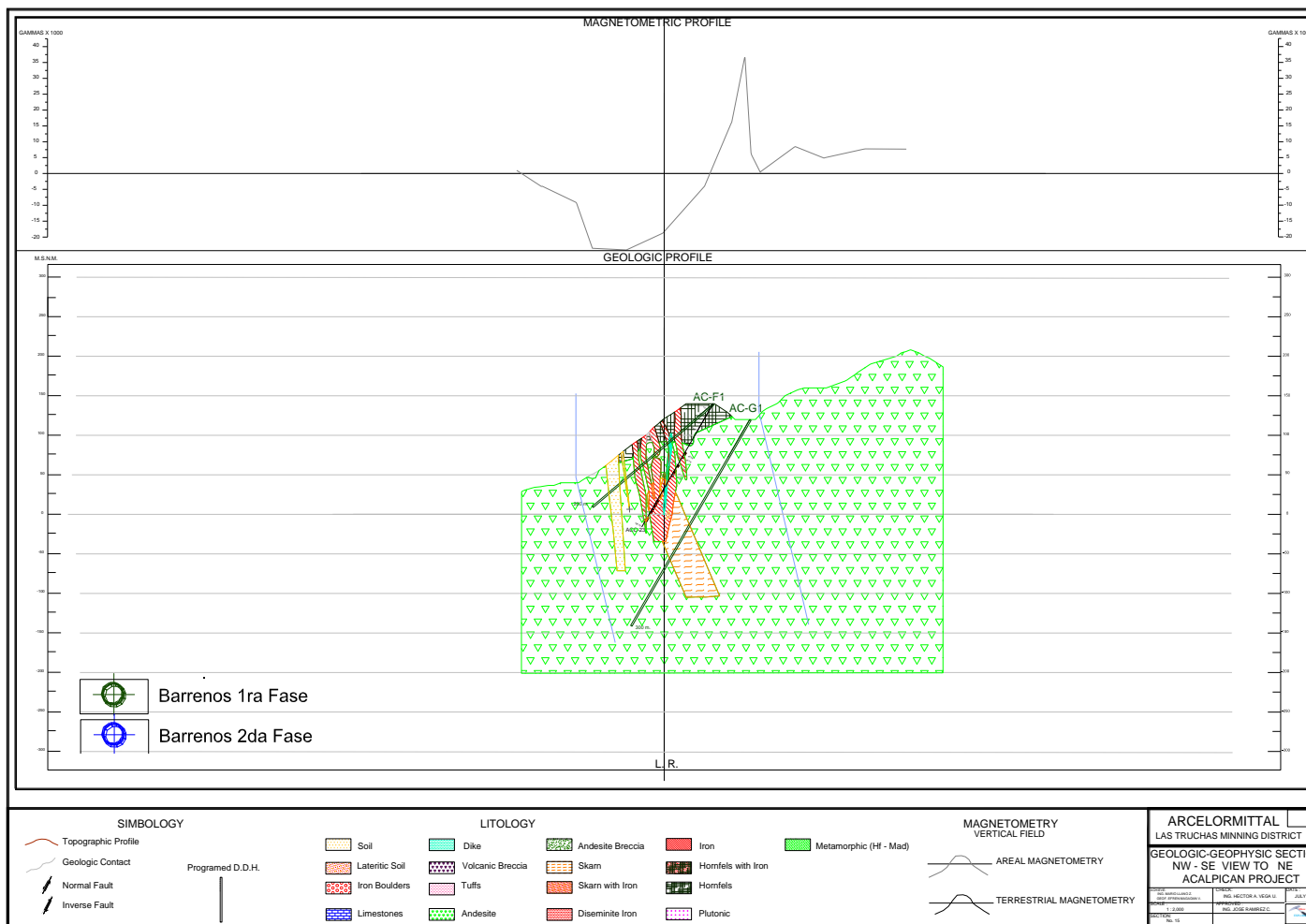
Sección geológica-geofísica No.12, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal 2010.



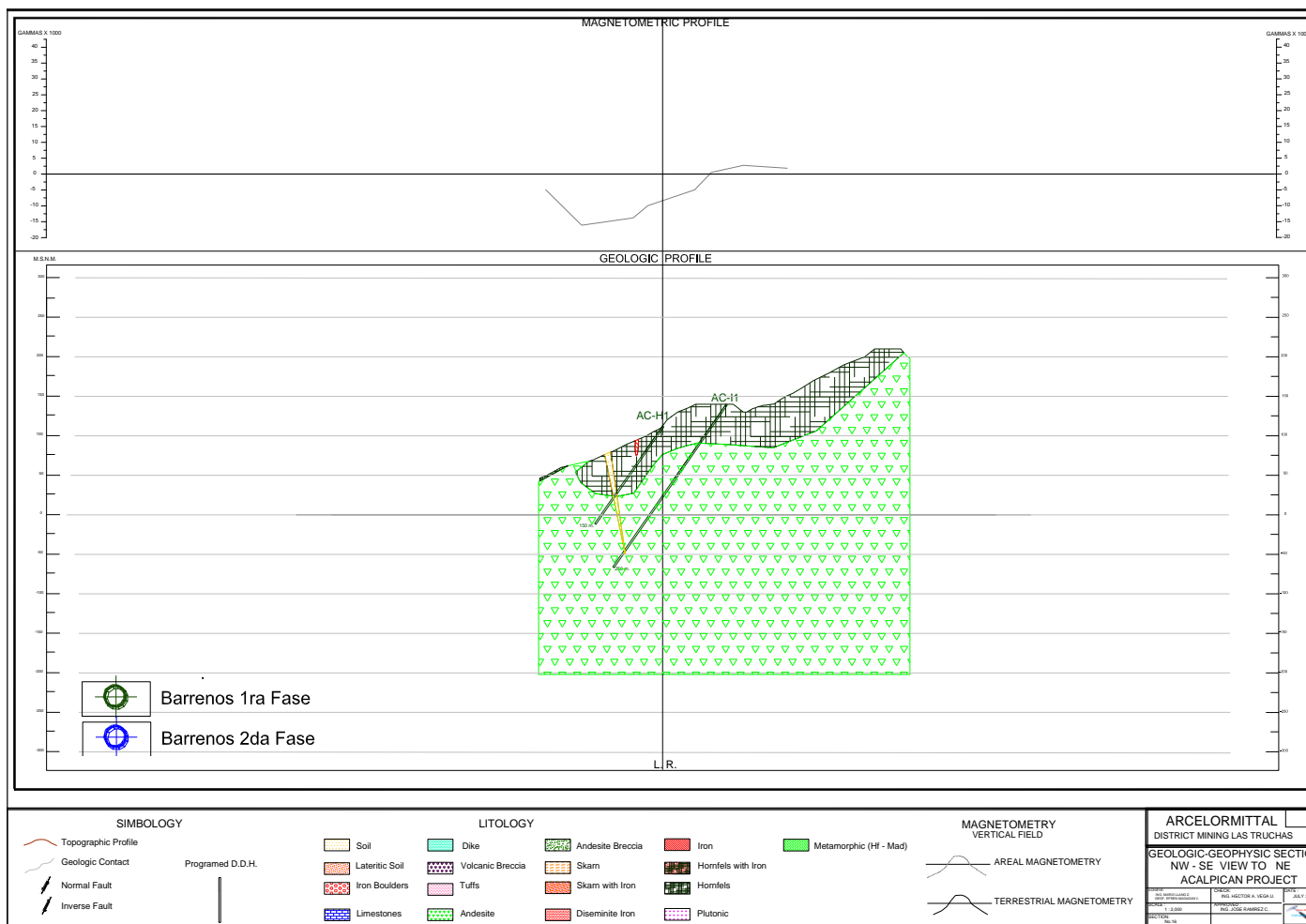
Sección geológica-geofísica No.13, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal. 2010.



Sección geológica-geofísica No.14, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



Sección geológica-geofísica No.15, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.



Sección geológica-geofísica No.16, con dirección NW-SE viendo desde el NE, proyecto Acalpican, escala 1:2000. Fuente: Departamento de Geología y Exploración, ArcelorMittal, 2010.