ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

"RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Titulo de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentada por:

GABRIEL ANTONIO LAÍNEZ MEDINA

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

2009

AGRADECIMIENTO

A la Dra. KATTHY LÓPEZ, Directora de Tesis, por su valiosa ayuda y orientación para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A YAHVÉ DIOS, EN TODAS SUS MANIFESTACIONES DE DIVINIDAD.

A MI MADRE: LUCILA MEDINA DOMÍNGUEZ, POR SU INCANSABLE LABOR COMO "MAESTRA DE VIDA" Y POR SU INAGOTABLE AMOR DEPOSITADO EN MI FORMACIÓN.

A SATURNINA DOMÍNGUEZ Q. (+) MI ABUELA DE QUIEN APRENDÍ EL SIGNIFICADO DE SOLIDARIDAD Y HONESTIDAD EN MIS PRIMEROS AÑOS DE VIDA.

A LA ESPOL, MI ALMA MÁTER POR SU AMOROSA ACOGIDA DE MUCHOS AÑOS Y A QUIEN LE AUGURO SIGA CRECIENDO E IMPULSANDO LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gastón Proaño C.
SUBDECANO DE LA FICT

Dra. Katthy López E.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Edison Navarrete C.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Jorge Calle
VOCAL SUPLENTE

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido y todo lo expuesto en ésta tesis de grado, me corresponden de manera exclusiva; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

Gabriel Antonio Laínez Medina

RECONOCIMIENTOS

Al Ing. Oswaldo Ripalda, gerente propietario de SINECUANON por la confianza depositada en mi persona, por la disposición de los datos geotécnicos para la elaboración del presente trabajo. Y a la Dra. Martha Ordóñez, directora del Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil, por su colaboración en el reconocimiento de microfósiles para la datación de las muestras.

Al amigo, tnlgo. Walter Sarmiento por su ayuda en la elaboración de la presentación final de los planos de perfiles en Autocad.

A mis padres Lucila Medina D y Gabriel Laínez C. (+). Sé que estarán orgullosos de mí. Intentaré no defraudarlos nunca aquí y en la eternidad.

A todos mis familiares por el apoyo moral.

A todos mis profesores por brindarme sus conocimientos de manera generosa.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló la correlación geológica y estructural a partir de los perfiles litológicos del sector oriental del rompeolas principal del puerto de Manta, ubicada al Norte de la península del mismo nombre, S-O de la provincia de Manabí; zona costera central del Ecuador.

Los perfiles se construyeron en número de diez paralelos al eje longitudinal del rompeolas de dirección NE-SO, a partir de la descripción de las muestras obtenidas de las sesenta y seis perforaciones de estudios de suelos realizadas por el equipo técnico de Sinecuanon.

Se hace una revisión de los antecedentes geológicos del lugar analizando el comportamiento tectónico de la costa ecuatoriana y su influencia directa en el sector de Manta. Los resultados de las perforaciones se presentan en columnas litológicas las que se utilizan para formar perfiles, que describen claramente la geología del sector. En términos generales se interpreta la historia de la depositación de los sedimentos y se determina la edad relativa de los estratos perforados a través de la presencia de foraminíferos bentónicos del Mioceno-Holoceno y foraminíferos planctónicos del Plioceno-Holoceno. La estructura del sector tiene una dirección general OSO-ENE, relacionada a la falla principal “Aromo-Montecristi”.

INDICE GENERAL.

ABREVIATURAS

ASTM	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
cm.	Centímetro
E	Este
fig.	Figura
Ip	Índice Plástico
Iw	Índice Líquido
Lw	Límite Líquido
Lp	Límite Plástico
Ma	Millones de años
mm/año	Milímetros por año
m	Metro
n.m.	Nivel del Mar
N	Norte
Nº	Número
N_{60}	Resistencia a la Penetración Estándar
O	Oeste
RQD	Designación de la Calidad de la Roca
S	Sur
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
SPT	Prueba de Penetración Estándar
TIDE	Terminales Internacionales del Ecuador
ton/m^3	Tonelada por Metro Cúbico
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
W	Humedad Natural del Suelo

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE PLANOS
(ANEXO C)

CAPITULO 1.

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES: PRIMEROS ESTUDIOS GEOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE MANTA

El único estudio disponible sobre las condiciones geológicas marinas del puerto de Manta es el: « **Estudio geológico para determinar la factibilidad del dragado en el lado Este del rompeolas del puerto de Manta** », realizado por S. Benítez en 1980, para la compañía RH encargada del diseño para la ampliación del puerto de Manta en ese entonces.

El estudio en mención es un levantamiento geológico del fondo marino en el lado interno del puerto, es decir al Este del rompeolas, basado en observaciones visuales efectuadas con método de buceo y toma de muestras en superficie y núcleos hasta 4 m de profundidad bajo la superficie del fondo.

Los mapas-base utilizados para este levantamiento geológico fueron dos levantamientos batimétricos realizados en 1962 (Brezina) y otro en 1977 (INOCAR) los cuales fueron comparados para establecer las tasas de sedimentación y erosión para el período considerado. Los parámetros medidos y las observaciones hechas durante este levantamiento fueron :

- Geomorfología del fondo marino, incluyendo afloramientos rocosos y distribución superficial de los tipos de sedimentos encontrados en base a determinaciones del tamaño de grano.

- Variación del tamaño de grano de los sedimentos del fondo y parámetros estadísticos relacionados tales como diámetro medio, grado de clasificación, y distribución de estos parámetros en toda el área.
- Se elaboró un perfil geológico superficial que muestra los tipos de sedimentos y materiales que se esperaban encontrar si se realizaba la operación de dragado hasta la cota -11.
- El fenómeno de erosión y sedimentación en toda la línea de costa de Manta fue analizado y finalmente se elaboró un modelo dinámico costero relacionando las facilidades del puerto con las condiciones oceanográficas naturales.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El presente trabajo de tesis tiene como objetivos los siguientes:

- Realizar el relevamiento litológico del área de estudio a partir de datos de campo (testigos de perforaciones) y de laboratorio (mecánica de suelos y rocas).
- Emplear software de geociencias (Logplot 7) para el levantamiento y representación de las columnas litológicas a partir de los datos de testigos de perforaciones.

- Correlacionar la geología marina de los sedimentos perforados en el área de estudio con las formaciones tipo del sector e interpretar los eventos que originaron su depositación.

1.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio comprende dos etapas de trabajo:

1.3.1 Recopilación de Información: En esta primera etapa de investigación, se procedió a la recolección y lectura de los trabajos anteriores escritos sobre el área y la recopilación de los datos de campo y resultados de los estudios de laboratorio de las muestras de suelos pertenecientes a las perforaciones realizadas por el equipo de ingenieros y técnicos de Sinecuanon a cargo del Ing. Oswaldo Ripalda dentro del marco del proyecto de ampliación de Puerto de Manta.

1.3.2 Trabajo de Oficina: Incluye el análisis de los resultados de laboratorio de suelos y su interpretación como base para la elaboración del levantamiento digital de las columnas y perfiles litológicos y su integración dentro de un criterio geológico-estructural.

1.4 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el sector oriental del rompeolas principal del puerto de Manta, ubicada al norte de la península del mismo nombre, sur-oeste de la provincia de Manabí; zona costera central del Ecuador. (fig. 1.1):

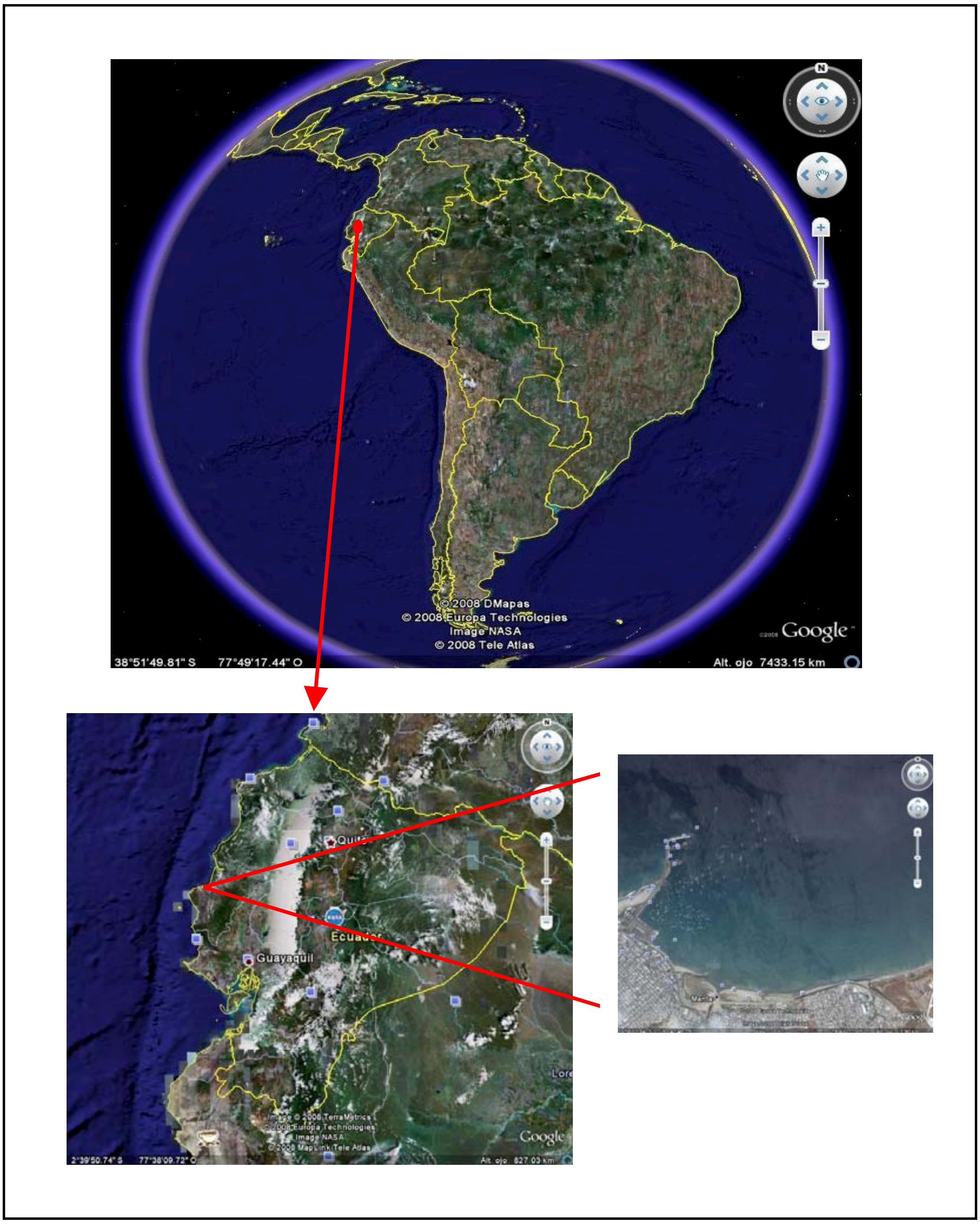


Fig.1.1 Ubicación de la zona de estudio. Imágenes NASA (tomado de Google-Earth 2008).

CAPITULO 2

GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

2.1.1 MARCO TECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

El puerto de Manta esta localizado en el Margen Pacífica Ecuatoriana a la mitad de la distancia entre los límites del Ecuador con Colombia y Perú, muy cercano a la trinchera ecuatoriana, frente a frente con la cordillera submarina de Carnegie que es un relieve oceánico de 2 Km. de altura, formado a partir del mismo "punto caliente" que dio origen a las islas Galápagos. La presencia de este altorrelieve es de gran importancia para la evolución de la línea de costa.

Desde el punto de vista geológico, la línea de costa se encuentra localizada en la pared interna de la Fosa Oceánica Ecuatoriana la cual es el principal carácter oceánico del Sistema de Subducción Ecuatoriano (fig. 2.1). Este sistema es una dupla Arco-Fosa compleja que representa el limite entre dos placas corticales moviéndose en sentidos opuestos; en este caso la placa oceánica de Nazca moviéndose hacia el Este, mientras que la placa continental Sudamericana se mueve hacia el Oeste. El resultado de esta confrontación es la subducción de la placa oceánica que se hunde bajo la placa continental debido a la diferencia de densidades, al ser la placa Nazca más pesada que la placa Sudamericana. La posición de la placa *subductada* o *subductante* está marcada por la posición de los *hipocentros* de los sismos representados por puntos negros en la fig. 2.2 (Benítez, 1995).

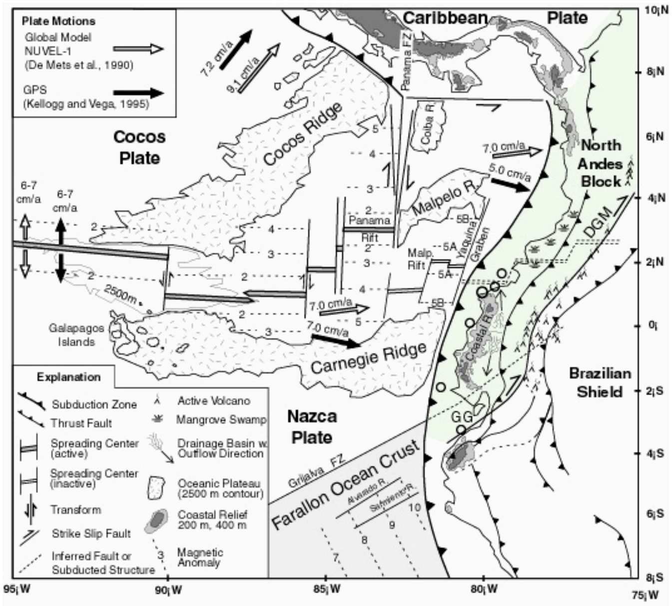


FIGURA 2.1 Contexto geodinámico y tectónico de la Margen del Ecuador y Norte de Perú (Gutscher *et al,* 1999)

Un perfil geológico regional Este-Oeste que atraviesa el puerto de Manta muestra las principales características del sistema de subducción ecuatoriano (fig. 2.2): La Placa Oceánica de Nazca, la Trinchera ó Fosa Ecuador, El Levantamiento Externo (donde se localiza el Puerto de Manta; punto 1), las cuenca de Antearco (punto 2), el Arco Volcánico complejo (puntos 3, 4 y 5) y la zona de Trasarco (Cuenca Oriente, puntos 6 y 7).

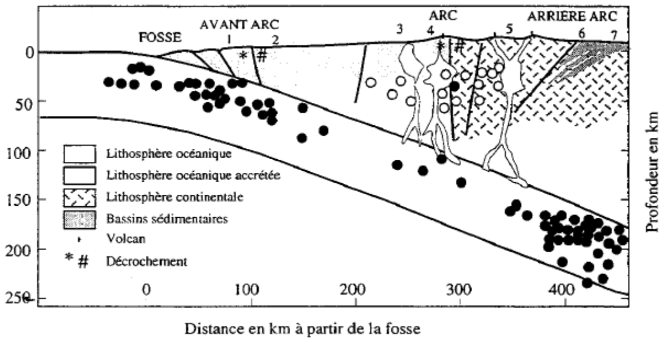


FIGURA 2.2.- Perfil Geológico Regional E-O mostrando la ubicación del Puerto de Manta (punto 1) dentro del Sistema de Subducción Ecuatoriano (Benítez, 1995)

La Fosa Oceánica tiene forma acanalada, como si fuera una trinchera de tamaños continentales: de varios miles de kilómetros de largo, decenas de kilómetros de ancho y varios kilómetros de profundidad (hasta 13 Km.), aunque en el caso de la Fosa Ecuatoriana en su parte central, debido a la subducción de la cordillera de Carnegie, la fosa es poco profunda (apenas 2 Km.) y angosta.

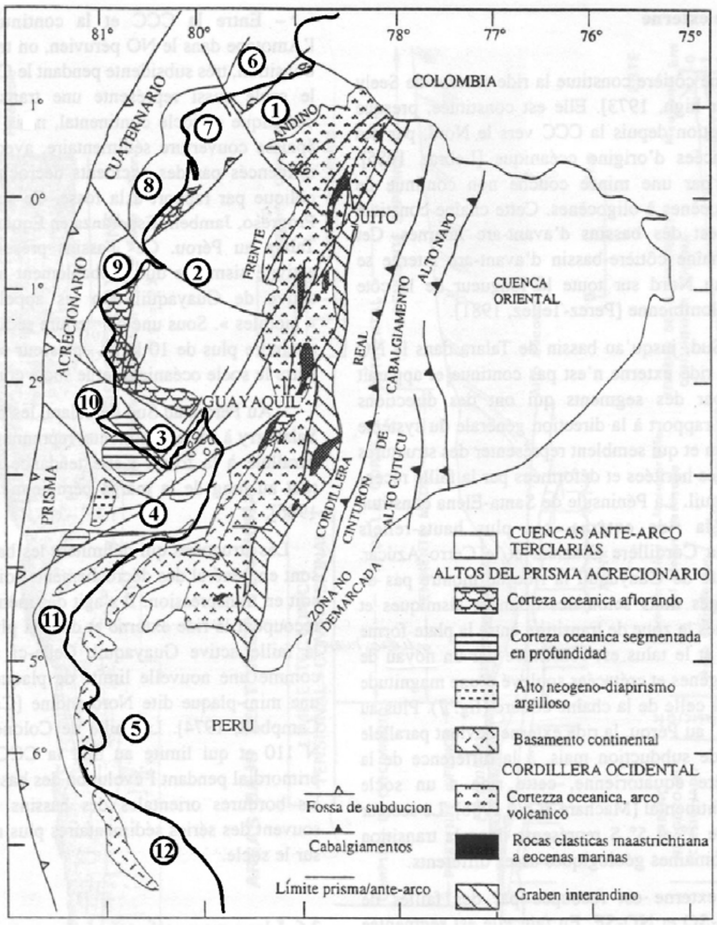
El Levantamiento del Arco Externo (*Outer Arc Uplifting*) en donde se ubica el Puerto de Manta, es un levantamiento largo, estrecho y muy fracturado a lo largo de la parte más alta de la pared interna de la fosa en donde afloran las formaciones rocosas más antiguas, incluso el basamento cristalino (Formación cretácica Piñón). Esta región contrasta con las cuencas de Antearco localizadas inmediatamente hacia el Este que son amplias zonas donde la subsidencia y la consecuente sedimentación son los mecanismos predominantes. El límite entre el Arco Externo y la Cuenca de Antearco está constituido por grandes fallas de cizalla o de rumbo, en este caso la Falla dextral Jipijapa-Portoviejo. Como resultado del movimiento de estas fallas, las cuencas de Antearco muestran en superficie sedimentos más jóvenes que conforman normalmente una enorme acumulación sedimentaria de hasta varios miles de metros de espesor. En el corte geológico regional de la fig. 2.2, la cuenca antearco es la Cuenca Manabí (Benítez, 2007).

El arco volcánico lo constituye la cadena volcánica conocida como Andes Ecuatorianos, la cual tiene una compleja historia desde el Cretácico Superior hasta el Presente. La cuenca de Trasarco o Cuenca Oriental está fuera del objeto del presente estudio.

2.1.2 DINÁMICA DEL LEVANTAMIENTO COSTERO

La dinámica del levantamiento costero en Ecuador y Perú ha sido estudiada en detalle por K. Pedoja (2003). El realizó estudios del fenómeno de levantamiento entre las latitudes de 2º N en Ecuador hasta los 5º S en Perú, describiendo lo que él llama el Arco Costero de Talara (fig. 2.3), habiendo descrito un total de 48 sitios de plataformas marinas levantadas entre 18 y 360 m de altura. La edad geológica de estas geoformas fueron determinados por: 1) Luminiscencia óptica estimulada por ondas infrarrojas. 2) Relación U/Th y 3) Isótopo de Carbono 14. Las edades resultantes permiten correlacionar 21 de los sitios con niveles eustáticos altos coincidentes con épocas interglaciares, a lo largo de un período de 330.000 años, haciendo posible trazar una evolución de las plataformas marinas levantadas.

A lo largo del Arco de Talara, las plataformas marinas levantadas pueden ser clasificadas en 4 diferentes dominios que son: 1) Costa septentrional del Ecuador, 2) Costa Central del Ecuador, 3) Costa Norte del golfo de Guayaquil y 4) Norte peruano. Las tasas de levantamiento del Arco de Talara están comprendidas entre 0,1 y 0,5 mm/año y el emplazamiento geográfico es una consecuencia de la ruptura del margen continental. Al frente de la cordillera submarina de Carnegie la velocidad del levantamiento es alto (0,3 a 0,5 mm/año) con tendencia a disminuir hacia el Sur, de modo que en el Golfo de Guayaquil la tasa es de 0,2 mm/año y en el Norte peruano las tasas son menores que 0,2 mm/año.



CUENCAS DE ANTEARCO INTERNAS	CUENCAS DE ANTEARCO EXTERNAS
1 Borbón s.s. o Borbón Este	6 San Lorenzo-Buenaventura (Colombia)
2 Manabí	7 Borbón Oeste
3 Progreso	8 Jama
4 Jambelí	9 Manta
5 Sechura (Perú)	10 Valdivia
12 Salaverry (Perú)	11 Talara (Perú)

FIGURA 2.3.- Arco de Talara según Pedoja (2003); conformado por las cuencas de Antearco Ecuatoriano y Noroeste Peruano

2.1.3 ESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA SEDIMENTARIA "MANABÍ"

En los años 80 la compañía Texaco-Gulf perforó 3 pozos exploratorios (Ricaurte 1, Calceta 1 y Chone 1) en los cuales se efectuaron análisis estratigráficos detallados estableciendo nueva información geológica para la época. La columna completa es descrita a continuación comenzando por la formación más antigua.

Formación Piñón (Cretácico inferior, 144 Ma).- Es el basamento cristalino, y consiste de corteza oceánica acrecionada al continente y conformada por lavas basálticas que presentan a menudo formas almohadilladas (pillow lavas) y algunas intercalaciones volcano-clásticas.

Formación Cayo (Cretáceo Superior, 97,5 Ma).- Es esencialmente una acumulación volcano-clástica de varios miles de metros de espesor depositado alrededor de un arco insular sobre la antigua corteza oceánica. Está constituida principalmente por areniscas y lutitas bien consolidadas con altos contenidos de elementos volcánicos. En la vecindad del área de estudio la formación Cayo está conformada por flujos de lava basáltica por lo que fue confundida con la formación Piñón. Para evitar esta confusión estas rocas volcánicas han sido redefinidas como **Formación San Lorenzo** desde los años 70.

<u>Formación San Eduardo (Eoceno medio, 52 Ma)</u>.- La localidad tipo se encuentra en la provincia del Guayas, vía a la costa, en la cantera San Eduardo (Holcim S.A.), 2 Km. al Oeste del cerro San Eduardo. Su potencia alcanza los 200 m. Desde allí bordea el flanco Sur de la Cordillera Chongón-Colonche hasta unos 40 Km. al Oeste de Guayaquil. En los sectores de Pacoche, La Travesía y Santa Marianita, en la provincia de Manabí, aparecen afloramientos esporádicos de calizas tipo San Eduardo. Está constituida por una calcarenita turbidítica hasta una calcocrudita bien estratificada que contiene algas y clastos de calcilutitas y cherts (Duque, 2000).

<u>Formación San Mateo (Eoceno medio-Eoceno superior, 40 Ma)</u>.- El nombre se debe a la localidad tipo: la población de San Mateo ubicada a 15 Km. al Oeste de Manta. La litología, en la parte inferior, esta constituida por lutitas de origen pelágico y hemipelágico, propias de una cuenca de talud de fosa, y en la parte superior, por secuencias de conglomerados con intercalaciones de lutitas y secuencias de areniscas que se corresponderían a conos de deyección submarinos desarrollados en la cuenca, siendo el área de la Cordillera Chongón Colonche el arco volcánico activo que aportó con el material de relleno de la cuenca. El análisis de la microfauna y de la sedimentología a detalle señala que el ambiente de su depositación corresponde a “aguas cargadas de sílice, producto de la cercanía a un área volcánica, con aportes continuos de ceniza, y con una profundidad de depositación aproximada entre 2000 y 2500 m en una cuenca de talud activa”. El miembro inferior tiene una edad que va del Eoceno medio al limite Eoceno medio-Eoceno superior, mientras que el miembro superior es de edad Eoceno superior (Navarrete, 1985).

Formación Tosagua (Mioceno inferior-Mioceno medio basal, 21,6 Ma).- Son lutitas de color café a gris muy parecidas, monótonas, muy potentes de hasta 1.500 m, con intercalaciones subordinadas de areniscas tobáceas decimétricas y localmente nódulos calcáreos. Afloran ampliamente en la cuenca Manabí, en el alto costanero de Manta-Montecristi debajo de la **Formación Tablazo** y en el alto costanero de Bahía de Caráquez. En algunos sectores de la Cordillera Costanera Occidental aparecen, hacia la base, rocas Oligocénicas no diferenciadas de la Formación Playa Rica (Benítez, 1995)

Formación Angostura (Mioceno medio-Mioceno superior, 14 Ma).- Su nombre se debe a la localidad tipo, ubicada en la desembocadura del estero Angostura, del río Santiago; pero también aflora en el sector de Banchal y en el flanco Norte de la Cordillera Chongón-Colonche, en el sector de Cascol. Es una serie arcillo-arenosa de gran espesor (en el pozo Ricaurte 1, a 140 m de profundidad aparece la Formación Angostura con 920 m de potencia), con algunas intercalaciones de arenisca conchífera y secuencias estrato decrecientes al tope, que se interpretan como secuencias de progradación sublitorales. Localmente es tan potente como las Formaciones Playa Rica y Tosagua (Benítez et al., 1991).

Formación Canoa (Plioceno medio-Plioceno superior, 4 Ma).- La Formación ha sido definida en la punta del mismo nombre, donde aflora claramente en los acantilados marinos, en discordancia sobre la Tosagua. Desaparece al norte bajo la discordancia débil del Tablazo. La Formación Canoa forma un monoclinal basculado hacia el SSE o SSO. El espesor total aflorante desde la punta Canoa hasta San José, es aproximadamente 100 m. Litológicamente la formación comprende, en la base una sección limo-arcillosa de unos 30 m., localmente muy fosilífera con arcillas limosas gris verdes flojas. Los Pelecípodos y Gasterópodos son abundantes. La sección superior es esencialmente arenosa con espesor de 50 a 80 m. de arenas amarillas no consolidadas, localmente un poco arcillosas, con zonas cementadas de formas variables apareciendo en relieve: *Pecten ventricosus* y *Ostrea megodón*. Un nivel blanco característico de 50 cm. de diatomeas ha sido observado en el río **Manta** intercalado en areniscas amarillas con *Pecten ventricosus*. El ambiente de deposición aparece como epinerítico.

<u>Formación Tablazo (Cuaternario Pleistoceno, 1,6 Ma)</u>.- Es una superficie plana elevada constituida por depósitos de areniscas calcáreas bioclásticas y conglomerados.

En sectores aledaños al Puerto de Manta el registro estratigráfico es incompleto y lateralmente fragmentario debido al intenso fallamiento, y varios episodios de levantamiento y hundimiento sufridos por el área en los tiempos geológicos.

Baldock (1982) define la Formación Tablazo como el conjunto de los depósitos de las terrazas marinas compuestas por material bioclástico arenoso, y es reconocida en la Isla Puná y en las penínsulas de Manta y de Santa Elena. Además el boletín explicativo del mapa geológico del Ecuador a escala 1:1'000.000 describe: "El espesor total de la formación varia considerablemente, pero ciertamente excede los 80 m y probablemente los 100 m; se encuentra sobreyacida, en parte por sedimentos marinos y/o continentales cuaternarios más recientes" (Baldock, 1982).

Los "Tablazos" son morfoestructuras en forma de terrazas que se originaron en una plataforma de abrasión, durante un máximo transgresivo del nivel del mar (era interglaciar, fig. 2.4). Al irse formando estas terrazas contemporáneamente al levantamiento activo de la península de Manta, los primeros niveles de terrazas fueron emergidos por sobre el nivel del mar mientras que niveles más recientes se formaban a una cota inferior; así, los niveles más antiguos se corresponden con las cotas más altas (T1 en la fig. 2.4 B), mientras que los más recientes a las cotas más bajas (T3 en la fig. 2.4 B), cerca de la línea de la costa actual.

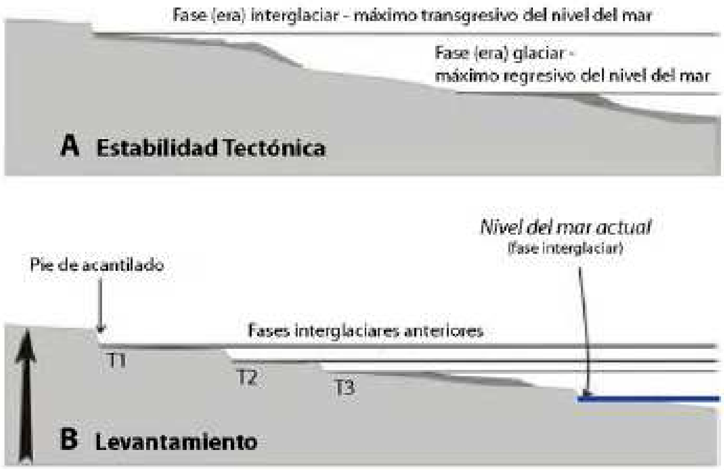


Figura 2.4 Formación de las Terrazas Marinas: **(A)** En una costa tectónicamente estable, las líneas de costa de las diferentes fases glaciares e interglaciares se confunden. **(B)** En una costa en levantamiento las terrazas creadas durante los altos niveles del mar son preservadas de la erosión marina. T1 representa la terraza más antigua (Pedoja, 2002).

Litológicamente se constituyen, mayormente, en los sedimentos que deja la línea de costa, que erosiona y deposita a la vez, pudiendo variar entre arenas calcáreas de playa, coquinas, conglomerados y depósitos mixtos con componentes más finos. Sin embargo, se reconocen terrazas marinas formadas en roca dura, creadas por el efecto erosivo de las olas, si bien éstas son atípicas y de poca extensión (como ocurren en la Isla de la Plata). Se reconocen, entonces, más por su estructura que por su litología: deben ser horizontales a subhorizontales, tener una extensión areal semejante a una franja costera (por lo general mucho más larga que ancha, aunque ciertos niveles son particularmente anchos) y presentan un quiebre de pendiente que se corresponde al "pie de acantilado", requisito este ultimo indispensable para identificar una terraza marina de abrasión como tal. En la actualidad se reconocen 3 niveles de terrazas en la Península de Santa Elena y en Punta Galera, provincia de Esmeraldas (correspondientes a los tres últimos interglaciares), en la Isla de la Plata 4, en la Isla Puná 3 y al menos 5 niveles (posiblemente hasta 7) en la Península de Manta, cuyas edades varían entre el Pleistoceno inferior y el Pleistoceno reciente (Álvarez, 2002).

Depósitos Cuaternarios Recientes ("Aluviones modernos").- Se encuentran localizados en quebradas y ríos, como aluviones o derrubios. Su composición varía considerablemente según la zona de alimentación: arcillas removidas de la Formación Tosagua, con guijarros; grava y brechas sueltas en las zonas donde afloran las Formaciones Piñón y San Mateo; arenas arcillosas en la parte occidental donde aflora la Formación Canoa; arenas con bioclastos marinos donde aflora la Formación Tablazo (Álvarez, 2002).

2.1.4 GEOMORFOLOGÍA

Según Winckel, 1997 el límite oriental de La península de Manta son los cerros de Portoviejo, Montecristi y el tramo sur de la cordillera costanera. En toda la región solo Manta y Jaramijó poseen una topografía muy simétrica con altitudes no mayores a los 50 m. Al oeste de la carretera Manta-Montecristi toda la zona presenta un relieve bastante accidentado y elevaciones de hasta 300-320 m de altitud a lo largo de una dirección Este-Oeste que atraviesa el cabo San Lorenzo y El Aromo; lugar donde está ubicado el punto culminante y de máxima altura a 365 m. Aquí comienza un amplio, suave y monótono plano inclinado, entallado únicamente por pequeños valles que bajan hacia el sur con suaves pendientes regulares hasta Puerto Cayo al pie del mar (Coronel, 2001). La figura 2.5 representa la geomorfología de la zona de estudio.

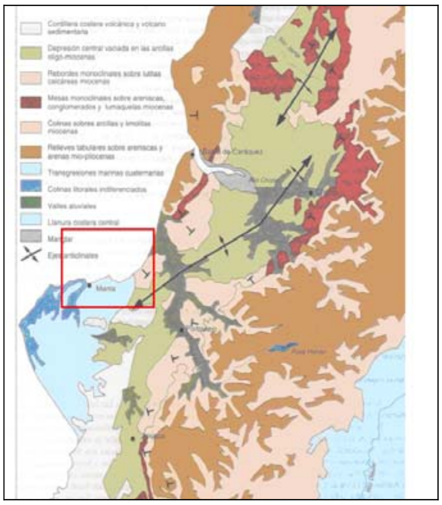


FIGURA 2.5.- Mapa morfológico de Manabí incluyendo el sector de Manta según Winckell 1997.

2.2 GEOLOGÍA LOCAL:

2.2.1 MARCO PALEOGEOGRÁFICO: LA PENÍNSULA DE MANTA

En términos generales Manta es un área topográficamente plana, suavemente inclinada hacia el Norte; que es un carácter heredado de una antigua plataforma marina en la que las arenas calcáreas y los conglomerados (coquinas) fueron depositados en tiempos antiguos del Cuaternario (Pleistoceno inferior, 1,6 Ma). Estos depósitos llamados genéricamente Formación "Tablazos" normalmente se encuentran bien consolidados. Pueden ser vistos en la planicie alta de los acantilados de Manta (la playa del Murciélago por ejemplo) hasta los acantilados de Jaramijó y desaparecen bajo las arenas de la playa cerca del rompeolas principal del puerto de Manta. El espesor de los Tablazos es de un máximo de 10 a 20 metros. Las coquinas están tan bien consolidadas, tanto que se las ha utilizado como material de construcción del rompeolas en el puerto de Manta. Bajo las superficies y depósitos planos del Tablazo, lo más común es encontrar la Formación arcillosa Tosagua. Sin embargo, a menudo se encuentran directamente afloramientos de la formación Cayo (=San Lorenzo) sean areniscas o basaltos. En el área del Cabo San Lorenzo, la Formación Tablazo está erosionada completamente, allí aparece directamente la Formación San Lorenzo; al parecer, la tendencia normal es que hacia el Oeste se encuentren aflorando formaciones más antiguas como San Mateo o San Lorenzo (Benítez, 2007).

2.2.2 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

Dos principales conjuntos de fallas o "familias de fallas" se han visto a nivel regional en el área de estudio. Las fallas más numerosas son las de dirección NE-SO paralelas a la Falla **Jipijapa-Portoviejo**, la cual ha sido señalada como el límite entre los levantamientos costeros y la cuenca subsidente Manabí. Estas fallas son especialmente evidentes en el área entre San Mateo y Cabo San Lorenzo donde la Formación Tablazo está ausente.

A unos 10 Km. al Sur del puerto de Manta se presenta un alineamiento de fallas de dirección E-O, llamado la Falla **Aromo-Montecristi** (fig. 2.6).

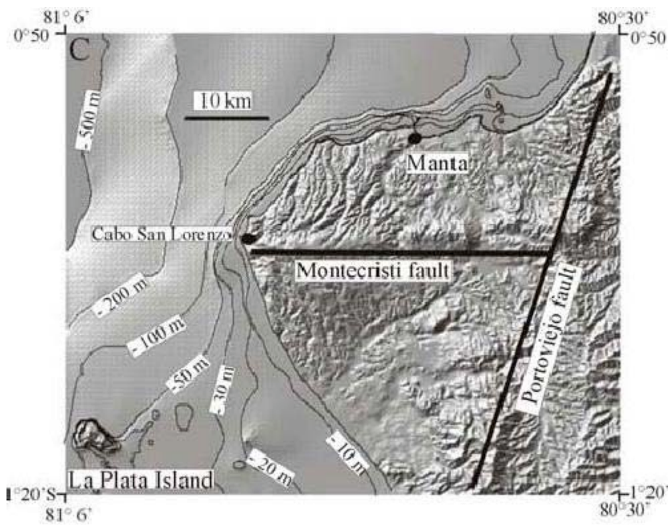


FIGURA 2.6 Modelo Digital de Elevación representando a la Peninsula de Manta. Se observa el lineamiento de las fallas principales: San Lorenzo- El Aromo-Montecristi de rumbo E-O, y Jipijapa-Portoviejo con rumbo NNE-SSO (Pedoja 2003).

El Tablazo Cuaternario plano que se observa en los acantilados de Manta se encuentra suavemente inclinado hacia el Norte y desaparece bajo las rocas de playa que afloran en bajamar cerca del comienzo del rompeolas principal del puerto. Las rocas de la Formación Tosagua aparecen fuertemente fracturadas e inclinadas hacia el Norte. Esta condición estructural y el alineamiento E-O de la línea de costa de Manta es el reflejo de las altas tasas de levantamiento calculadas a lo largo del alineamiento Aromo-Montecristi, lo cual ha permitido suponer que ésta es una falla activa; también es posible que la línea de costa de Manta sea una falla o fractura de la misma familia que la falla Aromo-Montecristi (Benítez, 2007).

2.2.3 GEOMORFOLOGÍA: BATIMETRÍA DE LA ZONA

La geomorfología en la zona de estudio esta representada por los valores batimétricos de los sondeos. Así, se observa en el mapa batimétrico (plano 9, Anexo C) que el rompeolas del puerto esta emplazado en una depresión natural del fondo marino de 10 a 12 m de profundidad si se compara con las áreas ubicadas al Este y al Oeste de la obra, que son más someras y alcanzan un promedio de 8 m de profundidad.

CAPITULO 3.

RELEVAMIENTO LITOLÓGICO A PARTIR DE ESTUDIO GEOTÉCNICOS

3.1 COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS Y ROCAS:

3.1.1 CONSIDERACIONES TEÓRICA

- **El Color del Suelo:**

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, la más obvia y fácil de determinar, permitiendo identificar distintas clases de suelos. Es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso.

La importancia del color radica en que se relaciona con otros atributos del suelo como el contenido de humus y la presencia de ciertos minerales, entre ellos: hematita, goetita, lepidocrocita, calcita y dolomita.

El Sistema Munsell describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas: matiz (Hue) que mide la composición cromática de la luz que alcanza el ojo; claridad (Value), el cual indica la luminosidad u oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro; y pureza (Chroma), que indica el grado de saturación del gris neutro por el color del espectro.

La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz (Hue) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o "chips" diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (Value) y la pureza (Chroma). Las divisiones de claridad (Value) se presentan en sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (Chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha (fig. 3.1).

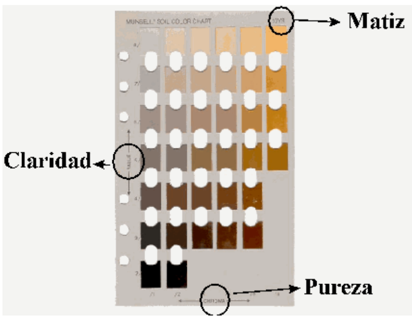


Figura 3.1 Hojas de Matices de la tabla Munsell para describir el color del suelo (modificado de Munsell Color Co., 1976).

Se evalúa el color predominante (color de la matriz del suelo), que se corresponde con el que ocupa más de 50 % del volumen del suelo. Cuando existen varios colores, donde ninguno de ellos corresponde a más de 50 % del volumen, se determinan todos los colores, comenzando con el que ocupa el mayor porcentaje.

La medición del color se realiza en el campo utilizando una muestra, bajo dos condiciones: seco y húmedo. Para describir el color se utilizan dos parámetros: a) el color Munsell y b) la notación Munsell, p. ej., Marrón fuerte [7.5YR 4/8] (Figura 3.2).

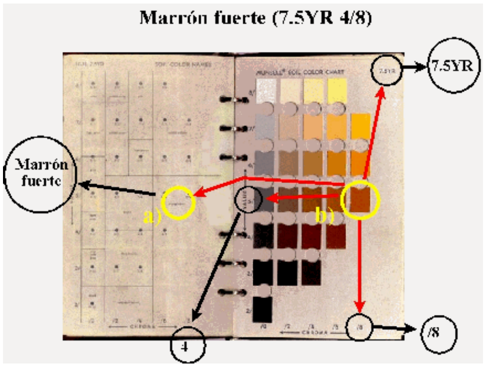


Figura 3.2 Ejemplo de medición del color del suelo

- **Granulometría**

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferente tamaño de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades, de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países. Así, se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría (Norma ASTM.):

1. **Gravas**: Tienen un tamaño de grano entre 8-10 cm. y 5 mm. Además se clasifica como grava una muestra de suelo si más del 50 % queda retenida en el tamiz Nº 4 (4.75 mm). No retienen el agua por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.
2. **Arenas**, con partículas comprendidas entre 2 y 0.080 mm, todavía observables a simple vista. Entran en esta clasificación los suelos cuyo 50 % de su contenido pasa a través del tamiz Nº 4 (4.75 mm), pero es retenido por el tamiz Nº 200 (0.075 mm). Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.
3. **Contenido de Finos.-** Corresponde al porcentaje de suelo que pasa por el tamiz Nº 200 de la serie ASTM (0.075 mm). Este porcentaje indica la proporción de arcilla y limo que contiene el suelo, y está relacionado con la posibilidad de retención de agua. Cuanto mayor sea el contenido de finos de un suelo, mayor será la dificultad de expulsión de agua bajo esfuerzos.
   a. **Limos**, con partículas comprendidas entre 0.060 y 0.002 mm. Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve como el agua se exuda con facilidad.

b. **Arcillas**, formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (< 0.002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños. Están formadas principalmente, por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos (el ión silicio se encuentra en el centro de cada una de estas estructuras regulares), unidas por enlaces covalentes débiles, pudiendo entrar las moléculas de agua entre las cadenas produciendo, a veces, aumentos de volumen (recuperables cuando el agua se evapora). Todo ello hace que la capacidad de retención del agua sea muy grande (pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas y una estructura que permite retener el agua), por lo que son generalmente los materiales más problemáticos (tiempos más elevados de consolidación ó de expulsión de agua bajo esfuerzos).

Un diagrama explicativo de la clasificación granulométrica, se presenta en la figura 3.3:

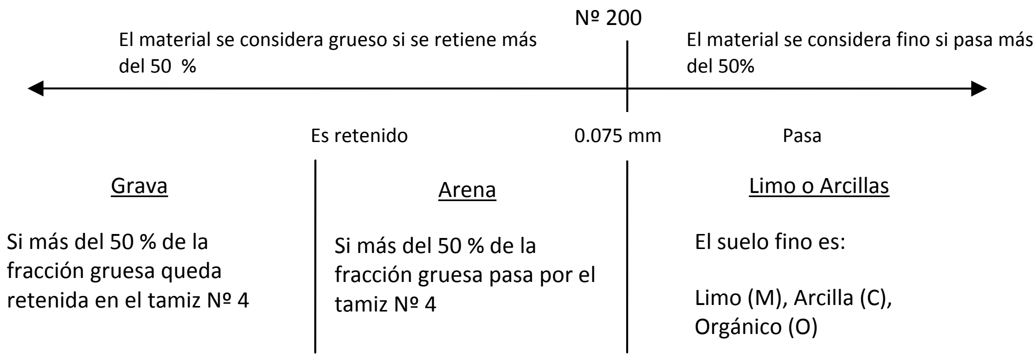


Figura 3.3.- Diagrama explicativo que muestra la clasificación granulométrica de los suelos.

- **Plasticidad**

Como complemento de la granulometría, en la identificación y clasificación de los suelos existe la utilización de los *índices de plasticidad* (índice Plástico) *y de fluidez* (índice Líquido) que definen la consistencia del suelo en función del contenido de agua en sus intersticios a través de la determinación de la humedad.

Con este propósito Atterberg definió entre otros, el límite Líquido y Límite plástico utilizando la fracción de suelo que pasa a través del tamiz Nº 40 de la serie ASTM (0,1 mm).

- **Contenido de Humedad Natural del Suelo (W %):**

Es la relación entre el peso del agua que contiene la muestra de suelo W_{ω} y el peso de sus sólidos W_s, que se determinan por secado en un horno para muestras:

$$W = \frac{W_{\omega}}{W_s} * 100 \qquad \text{Por ciento}$$

- **Límites Líquido y Plástico:**

1. Límite Plástico (L_p): Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

2. Límite Líquido (L_w): Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico (por encima de éste valor el comportamiento de un suelo húmedo es el de un fluido viscoso).

La localización relativa de los límites, plástico L_p y líquido L_w, se muestran sobre una escala de humedad en la fig. 3.4

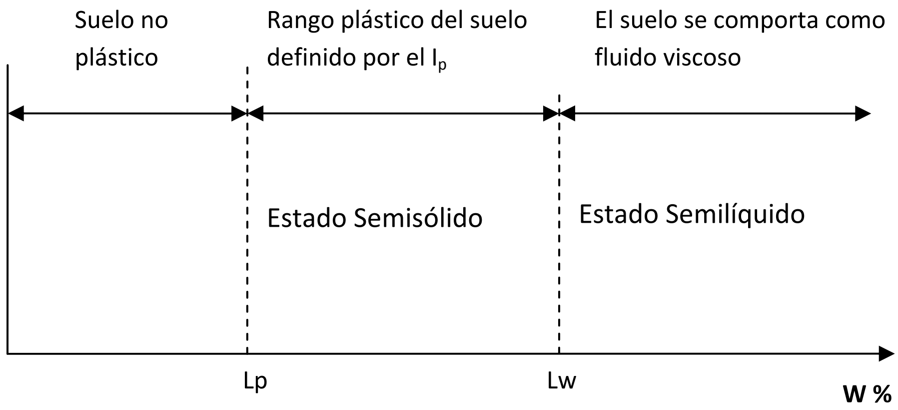


Figura 3.4.- Localización relativa de los límites plástico y líquido sobre la escala de contenido de humedad.

- **Índices Líquido (I_W) y Plástico (I_P):**

En base al contenido de humedad natural del suelo (W %) y a los porcentajes de humedad que determinan los límites plástico (L_P %) y líquido (L_W %) de una muestra de suelo se pueden encontrar los índices de plasticidad (Ip) y de liquidez (I_w):

1. Índice Plástico I_P.- Es el valor que representa el intervalo ó rango de humedades que tiene un suelo para pasar del estado semisólido al semilíquido. Lo cual esta dado por la siguiente ecuación:

$$I_P = L_w - L_P$$

2. Índice de Liquidez I_W.- Es una medida de la consistencia del suelo en términos del contenido de humedad natural W, comparada con las humedades del límite liquido L_w y plástico L_P, que normalmente varía entre 0 y 1, pero que puede ser negativo en suelos muy secos o que no retienen la humedad (arenas y gravas). El índice líquido ó de fluidez se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$I_W = \frac{W - L_W}{L_W - L_P}$$

A partir de diversos estudios prácticos, Casagrande definió que los suelos con $L_W > 50$ son de alta plasticidad (admiten mucho agua, pueden experimentar deformaciones plásticas grandes, etc); por debajo de éste valor los suelos se consideran de baja plasticidad.

- **Peso Específico de Sólidos γ [ton/m^3]**

Es el valor medio de los pesos correspondientes a las diversas partículas. Se determina en laboratorio, midiendo el volumen que ocupa una muestra de partículas (seca y disgregada y de peso conocido) por desplazamiento de un volumen de líquido en un recipiente lleno de agua y previamente tasado (picnómetro). Suele alcanzar valores del orden de hasta 2.7 ton/m^3.

- **El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Una vez determinados los límites líquido L_w y plástico L_p se puede obtener un punto representativo de cada muestra de suelo en la **carta de plasticidad de Casagrande** (fig. 3.5), representando la relación del límite líquido L_w, con el Índice de Plasticidad Ip. Casagrande, también definió una línea A que resulta paralela a la dirección con que, en esta carta, se ordenan las muestras de un mismo terreno.

Utilizando la línea **A** y el criterio de alta y baja plasticidad, en la carta de Casagrande se definen varias zonas, representadas en la figura 3.5; para los suelos limosos y con apreciable contenido orgánico tienen un intervalo de humedad menor para pasar del estado semisólido a semilíquido, situándose por debajo de la línea A, mientras que las arcillas están por encima de esta línea. Se define así varios tipos de suelo: Arcillas de baja plasticidad (CL), arcillas de alta plasticidad (CH), limos y suelos orgánicos de baja plasticidad (ML-OL) y limos y suelos orgánicos de alta plasticidad (MH-OH). En la práctica se representa el punto correspondiente a los valores determinados I_P y L_W y se obtiene una clasificación que sirve para completar la identificación de un suelo, con lo que se puede conocer el predominio de la fracción arcillosa o limosa.

Casagrande completó este sistema de identificación con datos de granulometría y definió el sistema unificado de clasificación de suelos, muy usado en la práctica, representado en la fig. 3.6.

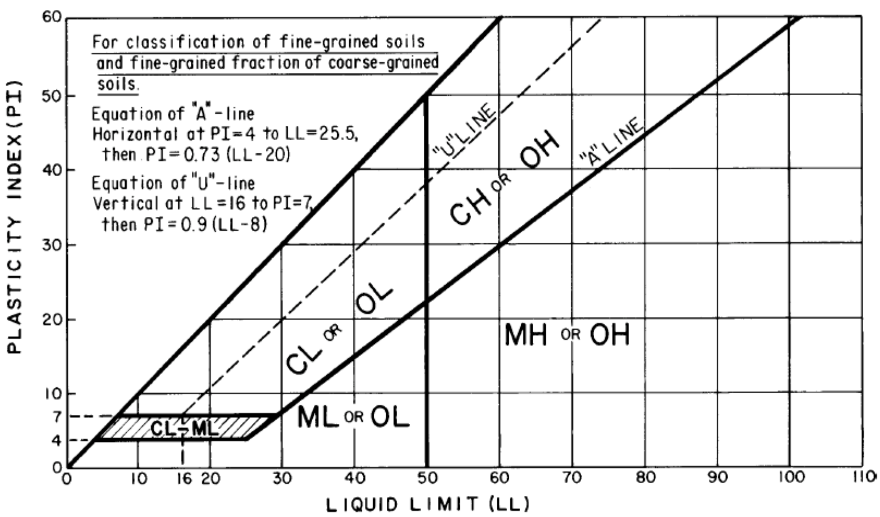


Figura 3.5 Carta de Plasticidad de Casagrande.

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm y basando las fracciones en pesos estimados						Símbolo del grupo	Nombres típicos
Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N.º 200	Gravas-más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz N.º 4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios			*GW*	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios			*GP*	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo *ML* más abajo)			*GM*	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo *CL más* abajo)			*GC*	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla
	Arenas-más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N.º 4	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios			*SW*	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios			*SP*	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo *ML más* abajo)			*SM*	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo *CL más* abajo)			*SC*	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas
	(Para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz N.º 4 es equivalente a medio centímetro)						
Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz N.º 200	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N.º 40						
			Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia)		
	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	*ML*	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
			Media a alta	Nula a muy lenta	Media	*CL*	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
			Ligera a media	Lenta	Ligera	*OL*	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50		Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	*MH*	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos
			Alta a muy alta	Nula	Alta	*CH*	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
			Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	*OH*	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta
(La abertura del tamiz N.º 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)							
Suelos altamente orgánicos			Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			*Pt*	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. P. ej., *GW-GC*, mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standard.

Figura 3.6 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (tomado de www.ing.unne.edu.ar.com).

- **Prueba de Penetración Estándar (SPT ó Standard Penetration Test)**

Se fundamenta en el conteo del Número de Golpes **N** necesarios para penetrar 2 pie (60 cm.) con la cuchara o tomamuestras en los sondeos a percusión.

Se hinca la cuchara en el terreno 60 cm., contando en número de golpes necesarios para hincar tramos de 15 centímetros. La hinca se realiza mediante una masa de 63.5 Kg. (140 libras) que cae desde una altura de 76 cm. en una cabeza de golpeo o yunque. Los valores de golpeo de los cuatro tramos de 15 cm. sumados conducen al parámetro $\mathbf{N_{60}}$**,** denominado también resistencia a la penetración estándar. Cuando el terreno es muy resistente se detiene la prueba para un determinado número de golpes, anotando la penetración realizada.

La norma ASTM D1586-84 indica que la prueba se puede dar por finalizada cuando:

1. Se aplican 50 golpes para un tramo de 15 cm.
2. Se aplican 100 golpes en total N_{60}= 100
3. No se observa penetración alguna para 10 golpes

La siguiente tabla correlaciona los resultados de la Prueba de Penetración Estándar con las propiedades de consistencia y compacidad relativa de los diferentes tipos de suelo:

Correlación entre la Resistencia a la Penetración y las Propiedades

de los Suelos a partir de la Prueba de Penetración Estándar (SPT)			
Arenas		**Arcillas**	
N60	Compacidad Relativa	N60	Consistencia
0-4	Muy suelta	Menos de 2	Muy blanda
0-10	Suelta	2-4	Blanda
10-30	Media	4-8	Media
30-50	Compacta	8-15	Firme
Más de 50	Muy compacta	15-30	Muy firme
		Más de 30	Dura

Tabla I Correlación entre la resistencia a la penetración y las propiedades de los suelos a partir de la Prueba de Penetración Estándar (SPT).

- **El Índice RQD % (Rock Quality Designation)**

Es un parámetro que mide el grado de fracturación del macizo rocoso y clasifica las rocas en diferentes grados de calidad. Este índice se mide en los testigos de los sondeos y representa la relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigo, mayores de 10 cm. y la longitud total del tramo considerado

$$RQD = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{L} * 100$$

donde L_i : longitudes de los trozos de testigos > 10 cm.

L: Longitud total del testigo

3.2 TRATAMIENTO DE DATOS, PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE REGISTROS

La información de campo y de laboratorio de suelos fue compilada y tratada en el Programa LogPlot 7 (de RockWare Incorporad, fig. 3.7) para el Relevamiento de sesenta y seis columnas litológicas, que corresponden a las perforaciones (sondeos) del lecho marino en el sector Este y Oeste del puerto de Manta llevadas a cabo por la empresa Sinecuanon.

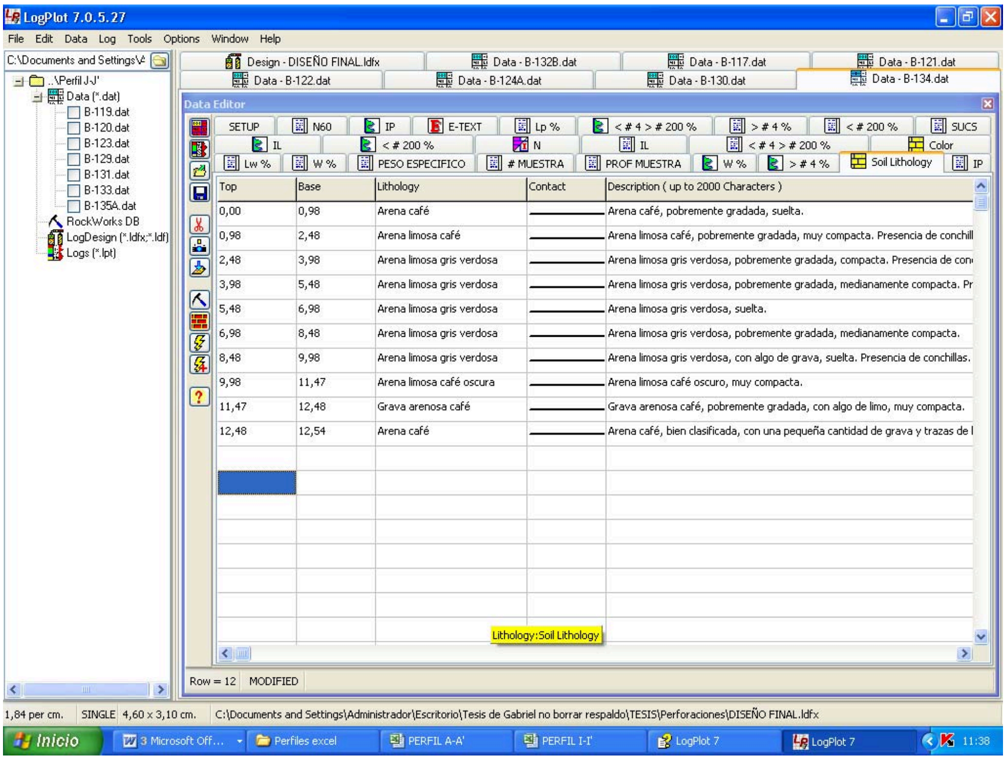


Fig. 3.7 Levantamiento de la base de datos para el Relevamiento Litológico en LogPlot 7 (RockWare Incorporad).

Se obtuvo así, el registro gráfico completo de los resultados de laboratorio, de las pruebas de campo y la reconstrucción de las columnas litológicas de cada uno de los sondeos realizados (Anexo A y fig. 3.8).

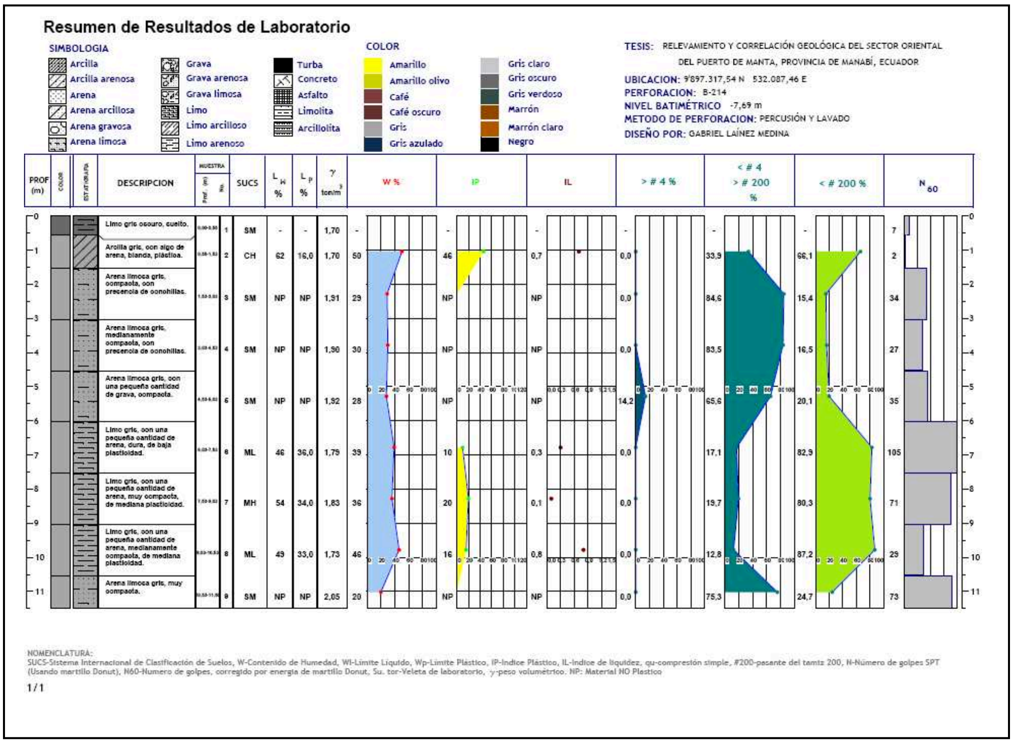


Fig. 3.8 Registro de los datos de campo, de laboratorio y reconstrucción de las columnas litológicas de los sondeos realizados.

En base a las consideraciones teóricas (ver **3.1 Comportamiento Mecánico de Suelos y Rocas: Consideraciones Teórica**), se realizó la interpretación de cada uno de los sondeos. A continuación se describe en detalle el registro litológico del sondeo B-102 a manera de ejemplo. El resto de registros de todos los sondeos se remite al anexo A.

El registro B-102: Alcanza los 8,35 m de profundidad desde la superficie del lecho marino donde la cota es -7,64 m. La ubicación exacta del sondeo está dada por las coordenadas UTM 9'897.033,95 N 531.415,59 E. Las muestras de suelo son en número de 5 y corresponden a los 5 intervalos en que se completó la perforación.

El intervalo de 0,00-2,95 m es: una arcilla gris, con una pequeña cantidad de arena, muy blanda, de alta plasticidad.

El intervalo de 2,95-4,35 m es: una arena limosa gris, pobremente gradada, compacta.

El intervalo de 4,35-6,08 m es: una grava arenosa gris, con algo de limo, medianamente compacta.

El intervalo de 6,08-7,45 m es: una grava arenosa gris, con algo de limo, medianamente compacta.

El intervalo de 7,45-8,35 m es: una arena limosa gris, en la base marrón, pobremente gradada, con algo de grava, muy compacta.

CAPITULO 4

CORRELACION GEOLÓGICA DE PERFILES

4.1 CRITERIOS DE CORRELACIÓN

En el presente trabajo se utilizaron los criterios litológicos de correlación tales como el color y la textura, además del contenido de humedad natural, granulometría y los índices de plasticidad y liquidez de los suelos en todas las columnas levantadas pertenecientes a los 66 sondeos, para estimar la continuidad de los estratos sedimentarios y llegar a la representación gráfica a través de los *"cortes de correlación"*, que aquí se los identifica bajo el término de perfiles; siendo éstos en número de diez .

4.2 DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE PERFILES LITOLÓGICOS

Se construyeron 10 perfiles de dirección NE-SO, paralelos al eje longitudinal del puerto. Se identificó a cada uno de ellos como A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', G-G', H-H', I-I' y J-J' (planos de perfiles 1, 2, 3, 4, 5, 6 Y 7, Anexo C).

4.2.1 INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Aplicando los criterios de correlación litoestratigráfica, se procedió a proyectar la litología de las columnas de cada perfil. La descripción por perfiles, se realiza desde el tope de los sedimentos (superficie del lecho marino) hasta el final de cada perforación (base de los sedimentos):

- El perfil A-A’ está conformado por una capa superficial de limo gris oscuro que en el lado SO tiene un espesor de 1,50 m y se adelgaza hacia el NE hasta los 0,55 m; la subyace otra capa de limo gris de 5 m de espesor que se extiende desde el SO hacia el centro del perfil donde cambia lateralmente a una arena limosa gris de 5 m de espesor promedio y que se extiende hacia el NE, ambas capas poseen pequeños y delgados lentes de arcilla gris y arena gris oscura en su parte superior. Subyace a la segunda capa de limo una capa de arena limosa gris oscura de 2.55 m de espesor, que cambia lateralmente a una capa de limo gris de 3,80 m de espesor promedio; en el lado SO el limo gris se torna más oscuro. Bajo de esta capa de limo subyace a lo largo de todo el perfil una capa arena limosa gris de 3,10 m de espesor promedio. Se presume la existencia de una cuarta capa de limo extendida a lo largo de todo el perfil, que subyace a la última capa de arena limosa mencionada, confirmada su existencia solo en la perforación B-213 (extracción de la muestra con $\mathbf{N_{60}}$= 48) y por los valores en la prueba de penetración estándar (SPT) de $\mathbf{N_{60}}$= 28, y $\mathbf{N_{60}}$= 73 de los sondeos B-212 y B-214 respectivamente.

- El perfil B-B’ esta conformado por un extenso estrato de arena limosa gris de 14 m de espesor promedio, sobreyacida por capas de limo, arcilla y arena gris de 1,50 m de espesor promedio. Esta arena limosa engloba varios lentes de limo, arena y grava. Hacia la base del estrato areno limoso, el color cambia a marrón, producto de la alteración debido a un posible contacto con roca subyacente. Los valores SPT en el fondo de los sondeos B-207, B-208 y B-216 (base de los sedimentos) dieron respectivamente: $\mathbf{N_{60}}$= 50, $\mathbf{N_{60}}$= 13 y $\mathbf{N_{60}}$= 93. En el centro del perfil subyace al estrato principal de arena limosa una delgada capa alterada de limo marrón que posiblemente se encuentre en contacto con roca subyacente ($\mathbf{N_{60}}$= 80 en B-210).

- El perfil C-C' esta conformado por una extensa y potente capa de arena limosa gris oscura, que esta sobreyacida por dos pequeñas capas de arcilla gris y gris oscura de 1 m y 1,65 m de espesor respectivamente, además de una capa de arena limosa gris de 1 m de espesor promedio. En el lado SO del perfil la arena limosa principal alcanza 2,80 m de potencia; ésta presenta un color de alteración marrón claro en la base (donde el valor SPT es $\mathbf{N_{60}}$= 80 en el sondeo B-200) por posible contacto con roca subyacente; y que lateralmente pasa a un limo marrón (sondeo B-201). Varias capas de poca extensión a manera de lentes de limo, arena y grava están presentes en el centro del perfil; las capas arena limosa más profundas presentan un color de alteración marrón por posible contacto con roca subyacente. Los valores SPT en la base de los sondeos B-202, B-204 y B-206 son respectivamente $\mathbf{N_{60}}$= 100, $\mathbf{N_{60}}$= 80 y $\mathbf{N_{60}}$= 90, respaldan esta hipótesis.

- El perfil D-D' esta conformado por una potente capa de arena limosa gris de 13 m de espesor promedio, que está sobreyacida en el lado SO por una capa de limo gris de 2 m de espesor promedio y un lente de arcilla gris oscura de 1 m de espesor máximo y poca extensión lateral. En este lado la arena limosa alcanza los 5 m de potencia, cuya base se presenta alterada de color café y en contacto con una subyacente capa de grava café, de 0,84 m de espesor y de poco extensión lateral posiblemente en contacto con roca subyacente (**N_{60}**= 80 en el sondeo B-148); En la parte central y superior del perfil la arena limosa principal envuelve a pequeñas capas de arena, grava arenosa y limosa, arcilla y arcilla arenosa a manera de lentes. En el sondeo B-149 la potencia de la arena limosa alcanza los 14,87 m donde se presenta alterada con color marrón probablemente por contacto con roca (**N_{60}**= 80). En el sondeo B-100 el estrato principal de arena limosa es subyacida por una capa de grava arenosa café de 1,44 m de potencia que se encuentra en posible contacto con roca (**N_{60}**= 100). En el NE, parte inferior del perfil subyace al estrato principal una extensa capa de limo marrón de 6 m de espesor promedio, y por debajo de ésta continua una capa alterada de grava café probablemente en contacto con roca (**N_{60}**= 100 en B-103 y **N_{60}**= 80 en B-106).
- El perfil E-E' esta conformado por un potente estrato de arena limosa gris, de 20 m de espesor promedio. La sobreyacen en el SO una capa de

limo gris de 0,56 m de espesor y otra de arcilla gris oscura de 1,64 m de espesor; una capa alterada de grava limosa marrón probablemente en contacto con roca subyacente también está presente. En la parte central e inferior del perfil el estrato principal de arena limosa alcanza los 14,56 m de espesor, donde se presenta alterado de color marrón y es posible que se encuentre en contacto con roca subyacente ($\mathbf{N_{60}}$= 80 en el sondeo B-146). En el sondeo B-145 se presenta subyaciendo al estrato principal de arena limosa una capa de arena arcillosa gris con 3,00 m de potencia y bajo éste una capa de arcilla marrón de 1,87 m de potencia en posible contacto con roca. En el lado NE del perfil el estrato principal envuelve a un lente de arena gris de 3,71 m de espesor, a la vez que éste se encuentra subyaciendo a una capa arcilla gris superficial, ambas de poca extensión lateral. La potencia de los sedimentos en este lado del perfil alcanza los 19,60 m en cuya base la arena limosa se presenta de color marrón por posible alteración de contacto con roca subyacente ($\mathbf{N_{60}}$= 87 en el sondeo B-144).

- El perfil F-F' esta conformado por un potente estrato de arena limosa gris de 35 m de espesor promedio, que está sobreyacida por delgadas capas de arena arcillosa (0,83 m de espesor) y arcilla (1,73 m de espesor), de poca extensión lateral. En el SO del perfil, la arena limosa principal tiene un espesor de 6 m y se encuentra totalmente alterada de color marrón y amarillo por probable contacto con roca subyacente

(N_{60}= 90 en el sondeo B-139). Dentro de la capa de arena limosa principal se encuentran lentes de arena, limo, arena arcillosa y arcillas arenosas con predominio hacia el tope del estrato; en tanto que en la base, la arena limosa cambia de color de gris a marrón por posible alteración de contacto con roca subyacente.

- El perfil G-G' esta conformado por un estrato de arena limosa gris de 25 m de espesor promedio, que hacia el lado SO se encuentra sobreyacida por capas de limo, arena limosa y grava limosa a manera de lentes de poca extensión lateral. En el sondeo B-111 el paquete principal de arena limosa alcanza los 8,90 m de potencia, cuya base se presenta de color café, alterada por posible contacto con roca subyacente; en tanto que en el sondeo B-112 alcanza su máxima potencia de 28,95 m, donde es subyacida por una capa de arcilla café de 5,92 m de potencia, alterada por posible contacto con roca subyacente. En el centro del perfil, el paquete de arena limosa principal envuelve a una secuencia de lentes de: arena, grava arenosa y arenas limosas que sobreyacen a una arcilla marrón clara que se encuentra en posible contacto con la roca subyacente. En el NE del perfil, parte inferior y subyaciendo a la potente arena limosa gris principal se encuentra un lente grava arenosa de 3 m de potencia, que a su vez sobreyace a una extensa capa alterada de limo café de 4 m de espesor en posible contacto con roca subyacente.

- El perfil H-H’ es interpretado a lo largo del eje longitudinal del rompeolas del puerto y esta conformado igualmente por una potente capa de arena limosa gris de 30 m de espesor promedio y únicamente sobreyacida por el material de relleno del rompeolas, compuesto de: concreto, grava, grava limosa y grava arenosa, con mas de 10 m de espesor. Dentro del paquete principal de arena limosa varios lentes de arena gris, arcilla gris oscura, grava arenosa y grava limosa, limo amarillo oliva están presentes. Hacia la parte SO e inferior del perfil una capa alterada de grava limosa marrón de 3,95 m de espesor se presenta en contacto con limolita gris. Una capa alterada de limo amarillo oliva aparece en el fondo del sondeo B-137 probablemente en contacto con roca (?). En el centro del perfil, hacia la base del sondeo B-116, la arena limosa principal se presenta alterada de color marrón producto del contacto con arcillolita gris subyacente ($\mathbf{N_{60}}$= 100). Finalmente, en el lado NE del perfil, una capa de arcilla amarilla olivo de 2 m de espesor subyace a la arena limosa principal a la vez que se encuentra en contacto probable con roca subyacente.
- El perfil I-I’ está ubicado en el lado Oeste del rompeolas del puerto. Esta conformado por un potente estrato de arena limosa gris de 30 m de espesor promedio y es sobreyacido por dos capas de arena gris de 0,89 y 1,39 m de espesor, arena arcillosa gris de 4,18 m de espesor y arena arcillosa gris oscura de 2,48 m de espesor y una capa de arena limosa

gris oscura de 2,84 m de espesor en el lado NE del perfil. El sondeo B-134 alcanza una alterada capa de grava arenosa café de 0,95 m de espesor que subyace a la arena limosa principal y ésta a la vez se encuentra sobreyaciendo a un delgado lente de arena café de 0,72 m de espesor que se encuentra probablemente en contacto con roca a 12,54 m de profundidad desde la superficie de la perforación B-134 ($\mathbf{N_{60}}$= 80). El sondeo B-132 alcanza una capa alterada de limo gris verdoso de 3,52 m de potencia subyaciente a la arena limosa gris principal, que se encuentra probablemente y en contacto con roca ($\mathbf{N_{60}}$= 92). Hacia el centro y NE del perfil la base de la potente capa de arena limosa gris cambia a color marrón debido a la alteración por posible contacto con roca ($\mathbf{N_{60}}$= 80 sondeo B-130 y $\mathbf{N_{60}}$= 135 sondeo B-122).

- El perfil J-J', ubicado en el lado Oeste del rompeolas del puerto; se encuentra conformado por un potente estrato de arena limosa gris de 28 m de espesor promedio y sobreyacida únicamente por una columna artificial de concreto, grava, grava limosa, grava arenosa y arena limosa que pertenece a la estructura del rompeolas del puerto (material de relleno y construcción del puerto). Dentro de este paquete de arena limosa se encuentran varios lentes de arena, arena arcillosa, limo y grava arenosa. En el lado SO del perfil, el sondeo B-135 alcanza los 18,50 m de profundidad, donde la arena limosa tiene color marrón, producto de la alteración por posible contacto con roca subyacente ($\mathbf{N_{60}}$= 100). En la parte central del perfil el estrato de arena limosa tiene un espesor 27 m, cuyo piso se presenta alterado de color marrón probablemente por la proximidad del contacto con roca subyacente (**N_{60}**= 68, N_{60}=81 y **N_{60}**=80). En el sondeo B-123 el paquete principal de arena limosa gris que alcanza los 39,70 m de espesor se encuentra subyacida por una capa de limo gris verdoso de 5 m de espesor; el mismo que sobreyace a una capa de arena limosa café de 8 m de espesor. Finalmente bajo esta última capa subyace una capa alterada de grava arenosa marrón probablemente en contacto con roca a 55,85 m de profundidad.

4.2.2 INTERPRETACIÓN DE FALLAMIENTOS

El parámetro geotécnico más importante "in situ" que se utiliza para determinar la posible presencia de roca bajo un depósito de sedimentos perforados a *percusión y lavado,* es precisamente el número de golpes que necesita la herramienta para penetrar 60 cm de material o N_{60} durante la prueba de penetración estándar (SPT por sus siglas en inglés). Cuando $N_{60} \geq$ 80 las muestras extraídas en los sondeos pueden ser: suelos muy compactados (debido a la presión litostática de las capas superiores) o roca bien consolidada sobre los que más tarde fueron depositados los suelos. Es así como, tomando en consideración la profundidad de las perforaciones pertenecientes a un mismo perfil y el valor N_{60} en el fondo de las mismas es que se logra interpretar la ubicación de los bloques bajo los sedimentos, al igual que la distribución y orientación de las fallas para su posterior representación planimétrica (plano 8, Anexo III), cuando se correlacionan entre sí los perfiles:

- Los sedimentos en el perfil A-A’ no muestra indicios de contacto de con basamento rocoso, ya que no hay alterción del color de los suelos en el fondo de los sondeos y las pruebas SPT muestran valores de $N_{60} < 80$ en todas las perforaciones.

- Bajo los sedimentos del perfil B-B’ se interpretar la presencia de dos bloques tectónicos en horst y graben: En el lado SO, por debajo el sondeo B-207 aparece un bloque levantado a 15 m de profundidad desde el n.m. El bloque hundido es identificado a partir del sondeo B-208 y este aparece aproximadamente a 20 m de profundidad desde el n.m., lo que ubica a la falla normal F1 a una distancia intermedia entre estos dos sondeos. Las alteraciones del color de los sedimentos y los valores de $N_{60} \geq 80$ en el fondo de los sondeos en B-210 y B-216 respaldan esta hipótesis.

- Bajo los sedimentos del perfil C-C’ el sistema tectónicos tiene tres bloques; los dos primeros, levantados y escalonados en el lado SO a 8,82 y 15 m de profundidad bajo el n.m. respectivamente y separados por la falla normal F1 (prolongación de F1 en B-B’) ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-200 y B-201 y de dirección N 79,23. El tercer bloque (hundido y más extenso) se extiende desde el centro hacia el NE por debajo del sondeo B-202 a una profundidad de 19,74 m por debajo del n.m; y esta separada del segundo bloque por la falla normal F2 (prolongación de F2 en B-B') de dirección N 76,40, que se encuentra a una distancia intermedia entre los sondeos B-202 y B-203.

- Bajo los sedimentos del perfil D-D' el sistema tectónico presenta siete bloques fallados. En el lado SO el bloque levantado por debajo el sondeo B-148 alcanza los 12,08 m de profundidad desde el n.m. constituyendo el horst más alto del perfil. A 22,19 m bajo el n.m. se localiza el segundo bloque, lo que determina la existencia de una falla normal F4 de dirección N 81,94 localizada a una distancia intermedia entre estos los sondeos B-148 y B-149. Un tercer bloque hundido (graben) cuyo techo se encuentra por debajo de los 25.40 m de profundidad desde el n.m., bajo los sedimentos encontrados en el sondeo B-100 (donde $\mathbf{N_{60}}$ = 100) se encuentra en contacto con el segundo bloque a través de la falla normal F3 que se ubica a una distancia intermedia entre B-149 y B-100. El cuarto bloque se encuentra por debajo de los 22 m de profundidad desde el n.m., bajo los sedimentos encontrados en los sondeos B-101, B-102 y B-103 ($\mathbf{N_{60}}$ = 100) y esta en contacto con el tercer bloque a través de la falla normal F2 (prolongación de F2 de C-C') que se ubica a una distancia intermedia entre B-100 y B-101. El quinto bloque se encuentra por debajo de los 23 m de profundidad desde el n.m., bajo los sedimentos encontrados en el sondeo B-104 y está en contacto con el cuarto bloque a través de la falla normal F5 de dirección N 76,66 que se ubica a una distancia intermedia entre B-103 y B-104. El sexto bloque se encuentra por debajo de los 25 m de profundidad desde el n.m., bajo los sedimentos encontrados en el sondeo B-105 y está en contacto con el quinto bloque a través de la falla normal F6 de dirección N 69,54, ubicada a una distancia intermedia entre B-104 y B-105. Por ultimo, el séptimo bloque se encuentra por debajo de los 27 m de profundidad desde el n.m., bajo los sedimentos encontrados en el sondeo B-106 ($\mathbf{N_{60}}$ = 80) y esta en contacto con el sexto bloque a través de la falla normal F7 de dirección N 77,61 que se ubica a una distancia intermedia entre B-105 y B-106.

- Bajo los sedimentos del perfil E-E' el sistema tectónico continúa con cuatro bloques: tres levantados y uno hundido, limitados por tres fallas F8, F9 y F10. El techo del primer bloque levantado en el lado SO se ubica a 7 m de profundidad bajo el n.m. (en la base de los sondeos B-142 y B-147), en tanto que el techo del segundo bloque esta por debajo de los 21 m desde el n.m. (en la base del sondeo B-146), lo que ubica a la falla normal F8 de dirección N 90,77 a una distancia intermedia entre B-147 y B-146. El tercer bloque se encuentra por debajo de los 32 m de profundidad, bajo el fondo del sondeo B-145; la falla F9 de dirección N 101,53 se ubica a una distancia entre los sondes B-146 y B-145. El cuarto bloque se encuentra por debajo de los 26 m de profundidad, separando del tercer bloque a través de la falla normal F10 de dirección N 80,36 ubicada entre los sondeos B-145 y B-144.

- Bajo los sedimentos del perfil F-F’ el sistema tectónico presenta dos bloques fallados. En el SO el bloque levantado se encuentra por debajo de los 7 m de profundidad, bajo los sedimentos encontrados en sondeo B-139. En tanto que el bloque hundido se localiza a una profundidad mayor a los 38 m desde el n.m., por debajo de los sedimentos encontrados a partir del sondeo B-140 y se extiende hacia el NE. La falla normal F9 que separa a los dos bloques está ubicada a una distancia entre los dos sondeos.

- Bajo los sedimentos del perfil G-G’ el sistema tectónico continúa con tres bloques fallados. El primer bloque se presenta levantado en el SO, donde su techo alcanza los 27 m de profundidad desde el n.m., bajo el sondeo B-111. El segundo bloque se presenta hundido bajo los sedimentos encontrados en el sondeo B-112 a 47 m de profundidad desde el n.m., la falla normal F6 se ubica a una distancia intermedia entre ambos sondeos, la misma que separa los a dos bloques (prolongación de la falla F6 en D-D’). El tercer bloque se encuentra levantado, bajo los sedimentos que aparecen en los sondeos B-107, B-113 y B-126, a 30 m de profundidad desde el n.m., y esta separado del bloque anterior a través de la falla normal F7 (prolongación de la falla

F7 en D-D') ubicada en una distancia intermedia entre los sondeos B-112 y B-107.

- Bajo los sedimentos del perfil H-H' el sistema tectónico presenta seis bloques fallados. En el SO se encuentra el primer bloque levantado de limolita gris a 28 m de profundidad desde la superficie del puerto (muestra tomada en la base del sondeo B-138). El segundo bloque se encuentra a 44 m de profundidad desde la superficie del puerto y esta separado del primer bloque por la falla normal F4 (prolongación de la falla F4 en D-D') que se ubica a una distancia intermedia entre los sondeos B-138 y B-137. El tercer bloque se encuentra a 40 m de profundidad desde la superficie del puerto (B-116) y separado del segundo bloque por la falla normal F11 de dirección N 71,58 ubicada a una distancia entre los sondeos B-137 y B-118. El cuarto bloque se encuentra a 29 m de profundidad desde el n.m., separado del tercer bloque a través de la falla normal F12 de dirección N 72,10 ubicada a una distancia entre los sondeos B-118 y B-115. El quinto bloque ubicado a 34 m de profundidad desde el n.m., esta separado del cuarto bloque por la falla normal F13 de dirección N 90,57 ubicada a una distancia entre los sondeos B-114 y B-127. El techo del sexto bloque se encuentra a 31 m de profundidad desde el n.m. y está separado del quinto bloque por la falla normal F14 de dirección N 91,25 ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-127 y B-125.

- Bajo los sedimentos del perfil I-I' el sistema tectónico continúa con seis bloques fallados. En el lado SO el primer bloque se encuentra levantado y su techo alcanza los 10 m de profundidad, por debajo el sondeo B-134. El segundo bloque se encuentra a 32 m de profundidad y separado del primero por la falla normal F3 (prolongación de la falla F3 en D-D') de dirección N 88,41, ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-134 y B-132. El tercer bloque se encuentra a 23 m de profundidad desde el n.m. y separada del segundo bloque por la falla normal F15 de dirección N 76,98 localizada a una distancia intermedia entre los sondeos B-132 y B-130. El cuarto bloque se encuentra a 27 m de profundidad desde el n.m. y separado del tercer bloque por la falla normal F6 (prolongación de la falla F6 en G-G' y D-D') a una distancia intermedia entre el sondeo B-130 y B-117. El quinto bloque se encuentra a 34 m de profundidad desde el n.m.; esta separado del cuarto bloque a través de la falla normal F16 de dirección N 87,95 ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-121 y B-122. El sexto bloque se encuentra a 30 m de profundidad desde el n.m., y esta separado del quinto bloque por la falla normal F17 de dirección N 82,34 ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-122 y B-124.

- Bajo los sedimentos del perfil J-J' el sistema tectónico de bloques fallados presenta, en el SO el primer bloque levantado a 18,55 m de profundidad y por debajo de sondeo B-135 A. El segundo bloque relativamente pequeño, desprendido de otro más extenso ubicado a la derecha, se encuentra a 30 m de profundidad y bajo los sedimentos del sondeo B-133; separada del primero a través de la falla normal F11 (prolongación de la falla F11 en H-H') localizada a una distancia intermedia entre los sondeos B-135A y B-133. El tercer bloque se encuentra a 29 m de profundidad desde el n.m., y esta separado del segundo bloque por la falla normal F15 (prolongación de la falla F15 en I-I') ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-133 y B-131. El cuarto bloque, localizado a más de 50 m de profundidad desde el n.m., esta separado del tercero por la falla normal F18 de dirección N 87,01 ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-129 y B-123. En el lado NE, el quinto bloque se localiza a 31 m de profundidad desde el n.m., separado del cuarto bloque por la falla normal F13 (prolongación de la falla F13 en H-H') ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-123 y B-119. El sexto bloque se encuentra a una profundidad de 26 m desde el n.m., y separado del quinto bloque por la falla normal F17 (prologación de F17 en el perfil I-I'), ubicada a una distancia intermedia entre los sondeos B-119 y B-120.

4.3 DATACIÓN MICROPALEONTOLÓGICA

La importancia de los estudios micropaleontológicos radica en que es posible determinar la edad relativa de los sedimentos e inferir el medio o ambiente en que éstos se depositaron (paleoambiente), a través del análisis de los microfósiles contenidos en ellos. Los foraminíferos bentónicos son reconocidos por su valor como indicadores paleoambientales, en tanto que los planctónicos y radiolarios sirven como datadores.

Para el presente trabajo se prepararon para búsqueda y análisis de microfósiles seis muestras de sedimentos pertenecientes a la base de los sondeos B-102, B-143, B-145, B-148, B-204 y B-210, resultando dos muestras fértiles en microfósiles y cuatro estériles. Las muestras fértiles pertenecen a los sondeos B-143, la muestra # 2 y B-145, la muestra # 1. Los resultados de los análisis se muestran en el Anexo B.

De los microfósiles presentes, los foraminíferos son los más abundantes con respecto a los radiolarios; siendo la población de los foraminíferos bentónicos la que predomina sobre los planctónicos.

La siguiente es la descripción de los tres grupos microfosilíferos por separado.

4.3.1 FORAMINÍFEROS

En términos generales los ejemplares de foraminíferos bentónicos y planctónicos encontrados en las muestras 1 y 2 se presentan bien conservados. Las siguientes son las especies identificadas:

Ammonia becari (Mioceno-Holoceno)*, Ammonia tepida, Bolivina* aff. *spissa, Bolivina bicostata, Buccella hannai, Bulimina* aff. *uvigerinaformis, Bulimina marginata* (Mioceno Medio-Holoceno)*, Buliminella curta, Cibicidoides* sp., *Cibicidoides* aff. *fletcherl, Cibicidoides floridanus, Hanzawaia concentrica, Hanzawaia* sp.*, Lenticulina* sp.*,* Nodosariaceo*, Nonionella* sp.*, Oridorsalis umbonatus, Pararotalia magdalenensis* (Plioceno-Holoceno)*, Reussella* sp.*, Siphonodosaria abyssorum, Uvigerina* sp. *y Uvigerina peregrina.*

De la población de planctónicos se encontraron las siguientes especies bien conservadas:

Globigerinoides cyclostomus (N18 basal-N22)*, Globorotalia* aff. *inflata* (N19 tardío-N22)*, Globigerina quinqueloba* (N14-N23)*, Globorotalia* sp. *y Orbulina universa* (Mioceno Medio-Holoceno).

4.3.2 RADIOLARIOS

Las muestras estudiadas presentaron los siguientes radiolarios:

Actinonmido*, Cenosphaera* sp.*, Spongodiscus* sp.*, Spumellarios sphaeroideos y discoideos.*

Los foraminíferos encontrados, que en su mayor parte son alóctonos y en menor cantidad autóctonos, permitieron establecer que el ambiente en el cual se depositaron los sedimentos en el área de estudio era marino, de plataforma interna y de aguas cálidas; provenientes de los acantilados pertenecientes a la Formación Tablazo (fig. 4.1).

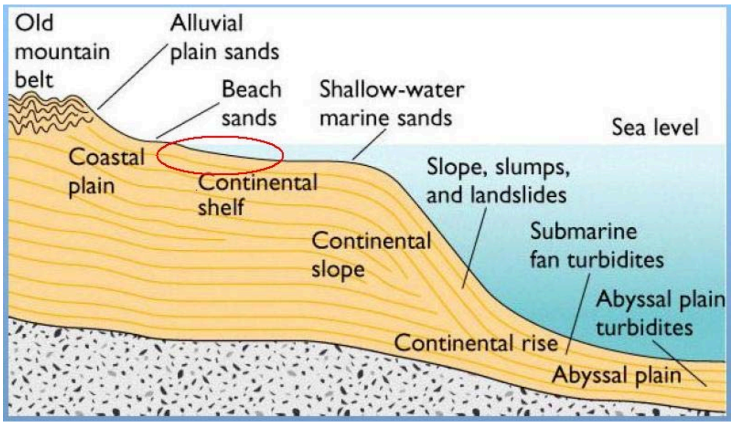


Fig. 4.1 Medio o Ambiente de Plataforma interna en el que se están depositando los sedimentos en el área de estudio (tomado de: www.geofisica.unam.mx).

4.3.3 EDAD DE LOS SEDIMENTOS

El análisis de foraminíferos encontrados (no se encontraron radiolarios guías) determinó que el rango de edad de los sedimentos va desde el Plioceno Temprano hasta el Holoceno, en base a la aparición de *Pararotalia magdalenenses* en la muestra # 1 del sondeo B-145 (tabla II). En tanto que los sedimentos de la muestra # 2 del sondeo B-143 (tabla III) tienen una edad que va desde el Plioceno Temprano tardío (N19 tardío) hasta el Pleistoceno Temprano (N22 basal), en base a la aparición de *Globorotalia* aff. *inflata*.

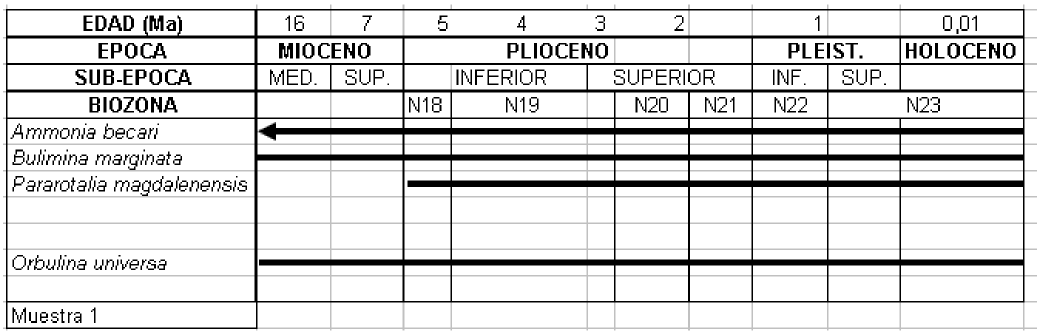


Tabla II Rangos de edad en la muestra # 1, del sondeo B-145 en base a foraminíferos guías bentónicos y planctónicos encontrados.

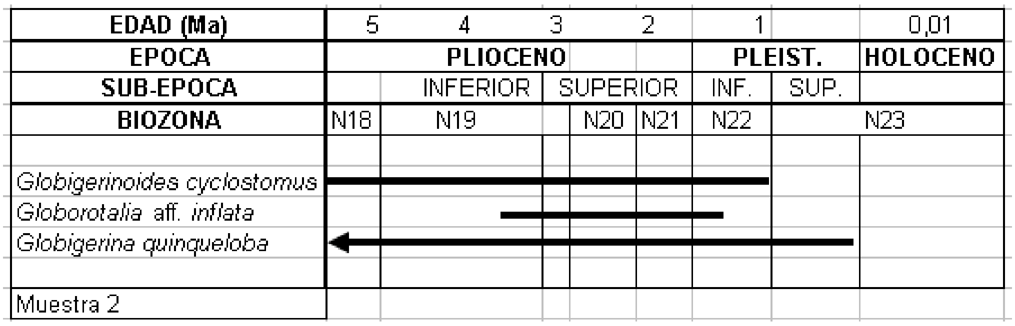


Tabla III Rango de edad en la muestra # 2, del sondeo B-143 en base a foraminíferos planctónicos guías encontrados.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado permitió establecer las siguientes conclusiones:

1. Según la escala geocronoestratigráfica de Berggren y Van Couvering los sedimentos pertenecientes al área de estudio no son más antiguos que el Plioceno inferior basal, biozona N18 (6 Ma), por la presencia del foraminífero bentónico *Pararotalia magdalenensis*.
2. Se interpretó un grupo de 18 fallas normales en el área de estudio con una dirección general OSO-ENE, que pertenece a una familia más grande de fallas que afloran hacia el SO de la región, cuya falla principal es la falla activa “Aromo-Montecristi” de dirección E-O.
3. El área de estudio pertenece a una región mucho más amplia y subsidente de la plataforma continental, que se extiende desde la línea de costa E-O de Manta, hacia el Norte (mar adentro) hasta Bahía de Caráquez, conocida como Cuenca “Manta-Bahía de Caráquez”. El incremento de la potencia de los sedimentos encontrados en las perforaciones en ésta dirección es una medida de la tendencia a la subsidencia.
4. También a través del incremento de la potencia de los sedimentos en el área de estudio hacia la dirección Norte, se puede concluir que los estratos de roca subyacentes se encuentran ligeramente inclinados hacia el Norte, con una pendiente no mayor a los 15º como consecuencia del

basculamiento de los bloques subsidentes y levantados de la cuenca activa "Manta-Bahía de Caráquez".

5. Tomando en cuenta que, el objeto del presente estudio fueron en su totalidad muestras de sedimento del fondo marino no consolidado, se empleó como principales criterios de correlación, además de la textura y el color de la litología, la interpretación de los valores de los ensayos mecánicos de laboratorio tales como: granulometría, contenido de humedad natural, índices de liquidez y plasticidad, etc., dando éstos muy buenos resultados.
6. En el tramo final del sonde B-138 a partir de los 37,79 m de profundidad b.n.m., se encontró limolita gris verdosa perteneciente a la Formación Tosagua; que en el sector de la playa del Murciélago aflora bajo los acantilados de la Formación Tablazos.
7. En términos generales se interpreta la historia de la depositación de los sedimentos perforados a lo largo del eje longitudinal del puerto de la siguiente manera:
    - Una primera capa compuesta de arcilla limosa y arena limosa fina se extiende desde la superficie del fondo marino con un espesor variable de 1 a 3 m, fue depositada durante los últimos 50 años después de la construcción del Puerto.
    - Una segunda capa de arena limosa de 20 m de espesor promedio representa los sedimentos de playa que se depositaron durante y

después de la última transgresión marina que empezó hace 18.000 años, en el Cuaternario Holoceno y que rellenaron el antiguo valle de Manta, cuya boca estaba localizada donde actualmente el puerto pesquero esta ubicado.

- La tercera capa; de limo, que alcanza hasta los 10 m de espesor fue depositada en esta misma época dentro de un ambiente sublitoral antes ó durante la ultima transgresión.
- Una cuarta capa arena limosa muy compacta delgada de 0,88 m de espesor que presenta bajo los sedimentos Holocénicos fue depositada durante el Cuaternario Pleistoceno.
- Por último, y bajo todos los sedimentos Cuaternarios se encontró limolita gris verdosa muy consolidada perteneciente a la Formación Tosagua del Mioceno Inferior-Mioceno Medio basal.

Para futuras investigaciones en el área se recomienda:

1. Se recomienda; en base a la información obtenida de las perforaciones, del relevamiento litológico y los datos estructurales identificados, la elaboración de un Modelo Geológico gráfico tridimensional del sector del Puerto de Manta a través del uso de un software que para este fin existe en el mercado.

2. Realizar análisis de datación complementarios a los micropaleontológicos, en todos los niveles estratigráficos de los sedimentos. Por ejemplo el método radioactivo del Uranio-Thorio y/ó palinológico.

ANEXOS

A. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELOS

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA

- Arcilla
- Arcilla arenosa
- Arena
- Arena arcillosa
- Arena gravosa
- Arena limosa
- Grava
- Grava arenosa
- Grava limosa
- Limo
- Limo arcilloso
- Limo arenoso
- Turba
- Concreto
- Asfalto
- Limolita
- Arcillolita

COLOR

- Amarillo
- Amarillo olivo
- Café
- Café oscuro
- Gris
- Gris azulado
- Gris claro
- Gris oscuro
- Gris verdoso
- Marrón
- Marrón claro
- Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

UBICACION: 9896.938,12 N 531.786,79 E

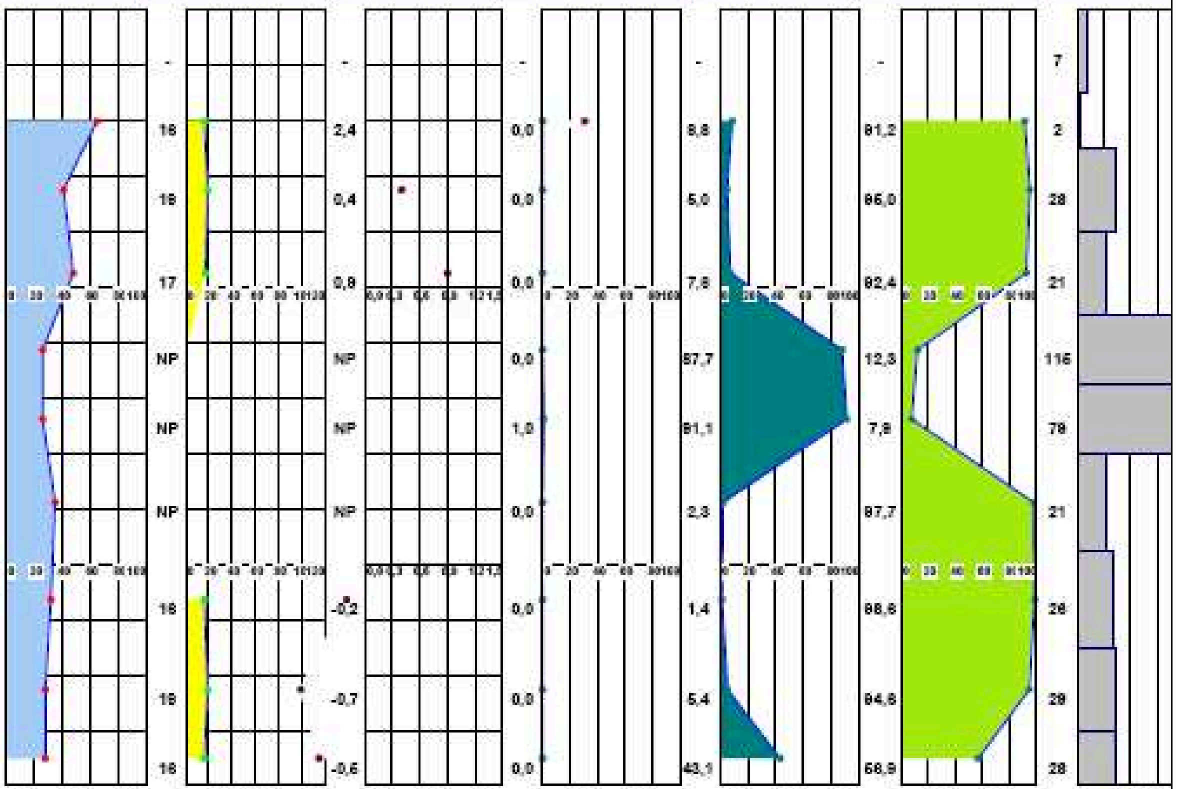
PERFORACION: B-212

NIVEL BATIMÉTRICO -5,63 m

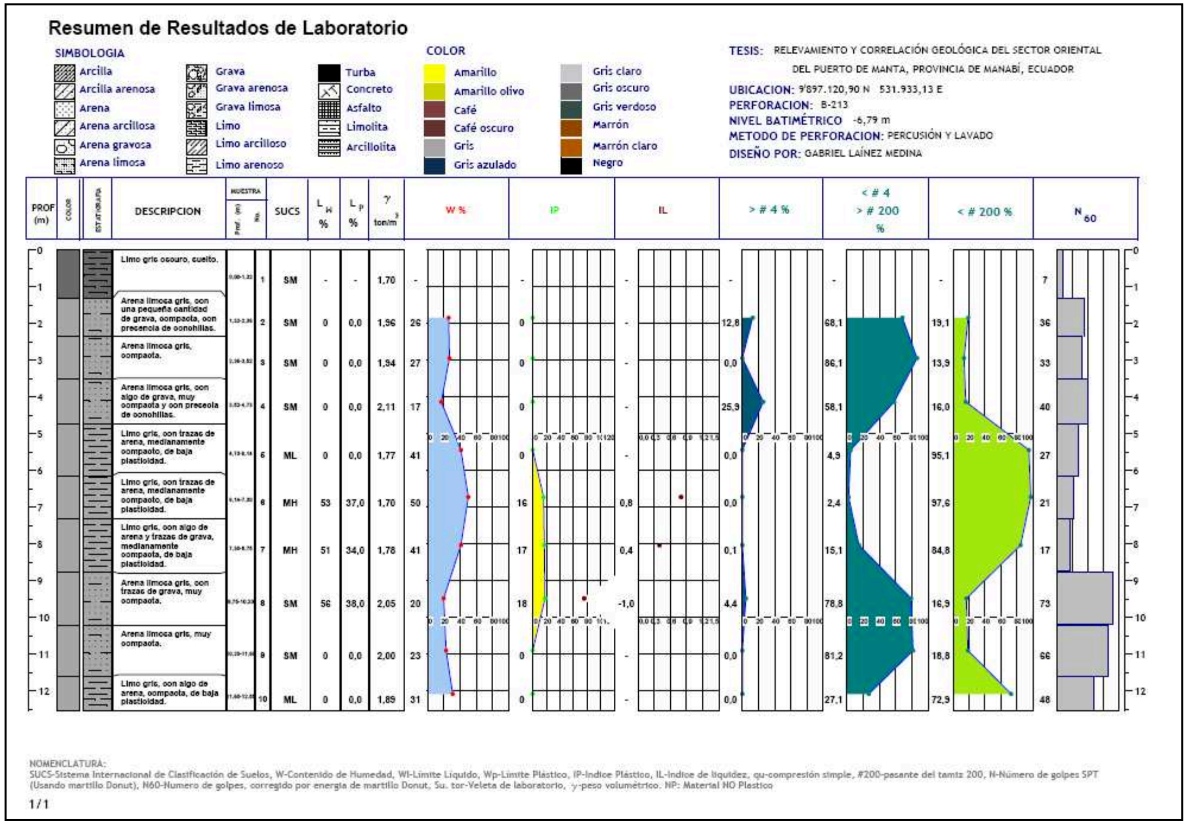
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO

DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

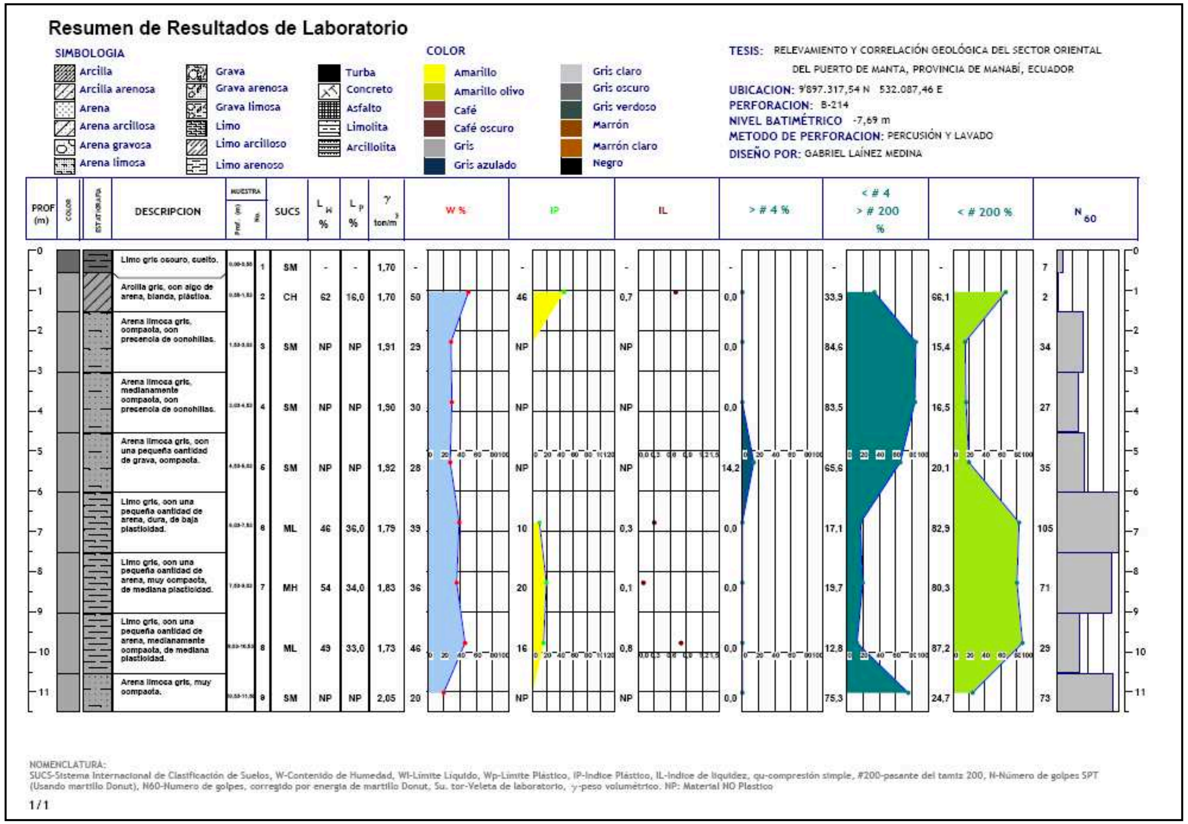
DESCRIPCION	MUESTRA Prof. (m)	MUESTRA #	SUCS	L_w %	L_P %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
Limo gris oscuro, suelto.	[illegible]	1	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Arcilla gris, con trazas de arena, blanda, de baja plasticidad.	[illegible]	2	CL	42	26,0	91,2	65	16	2,4	0,0	8,8	91,2	2
Limo gris, con trazas de arena, medianamente compacto, con presencia de conchillas.	[illegible]	3	MH	53	34,0	95,0	41	19	0,4	0,0	5,0	95,0	28
Limo gris, con trazas de arena, medianamente compacto, de baja plasticidad.	[illegible]	4	ML	50	33,0	92,4	48	17	0,9	0,0	7,6	92,4	21
Arena limosa gris oscura, muy compacta.	[illegible]	5	SM	NP	NP	12,3	26	NP	NP	0,0	87,7	12,3	116
Arena limosa gris oscura, pobremente gradada, con trazas de grava, muy compacta.	[illegible]	6	SM-SP	NP	NP	7,9	26	NP	NP	1,0	91,1	7,9	78
Limo gris, con trazas de arena y presencia de conchillas.	[illegible]	7	ML	NP	NP	97,7	35	NP	NP	0,0	2,3	97,7	21
Limo gris oscuro, con trazas de arena, medianamente compacto. De baja plasticidad.	[illegible]	8	MH	51	36,0	98,6	32	16	-0,2	0,0	1,4	98,6	26
Limo gris, con trazas de arena, medianamente compacto, de baja plasticidad.	[illegible]	9	MH	60	41,0	94,6	28	19	-0,7	0,0	5,4	94,6	29
Limo arenoso gris, medianamente compacto, de baja plasticidad.	[illegible]	10	MH	52	36,0	56,9	28	16	-0,6	0,0	43,1	56,9	28



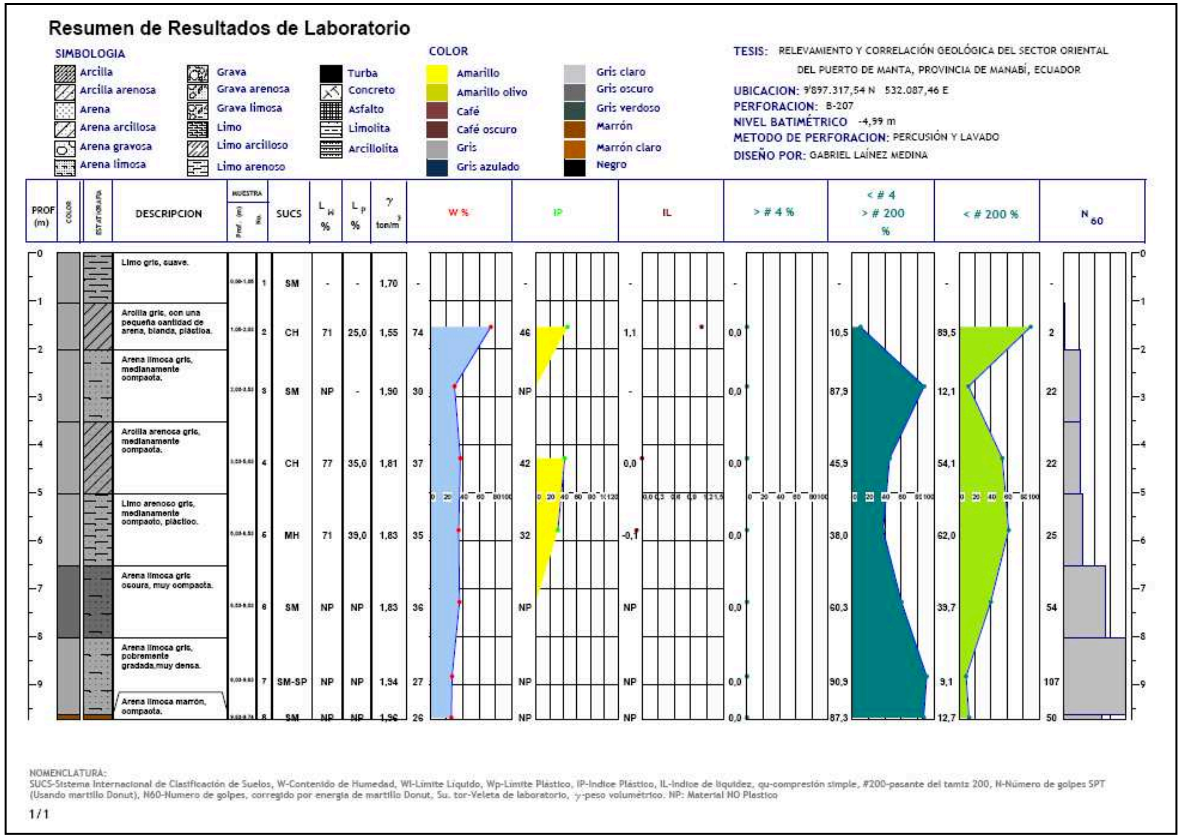
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Límite Líquido, Wp-Límite Plástico, IP-Índice Plástico, IL-Índice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plástico



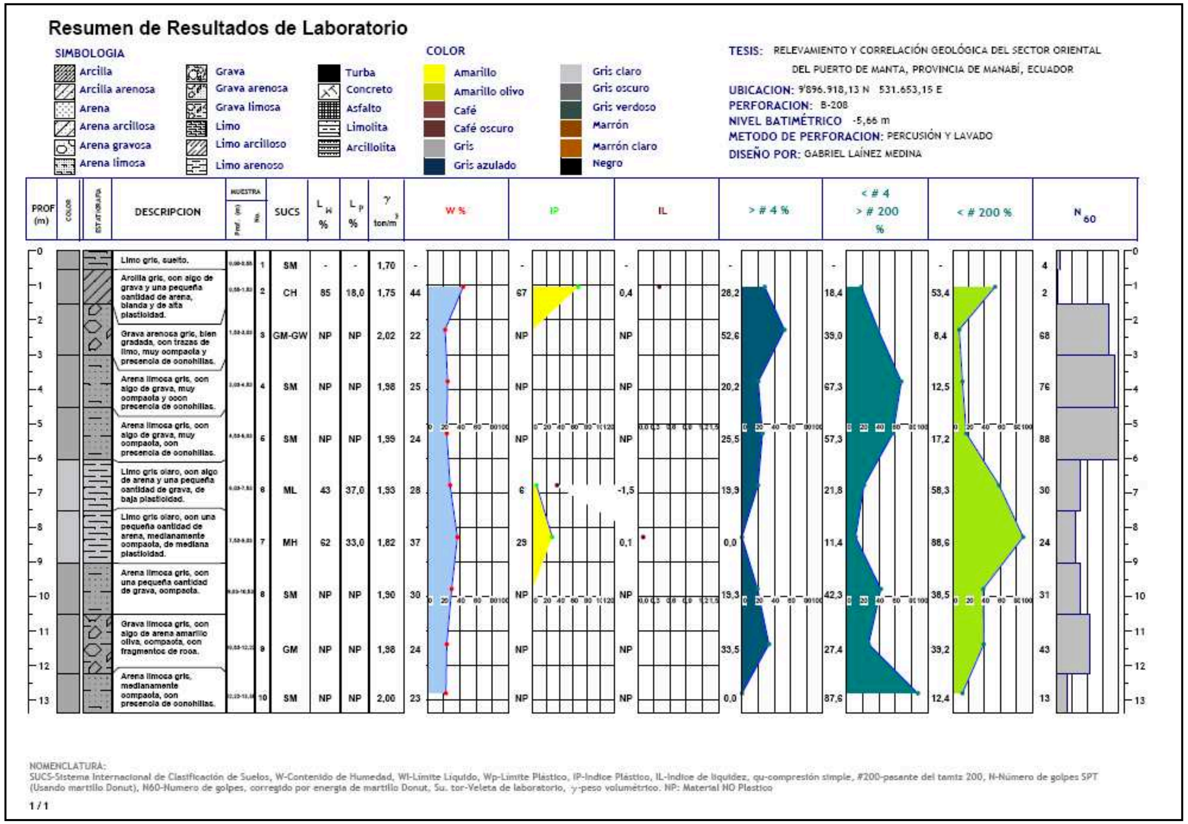
Sondeo B-213 (1/1)



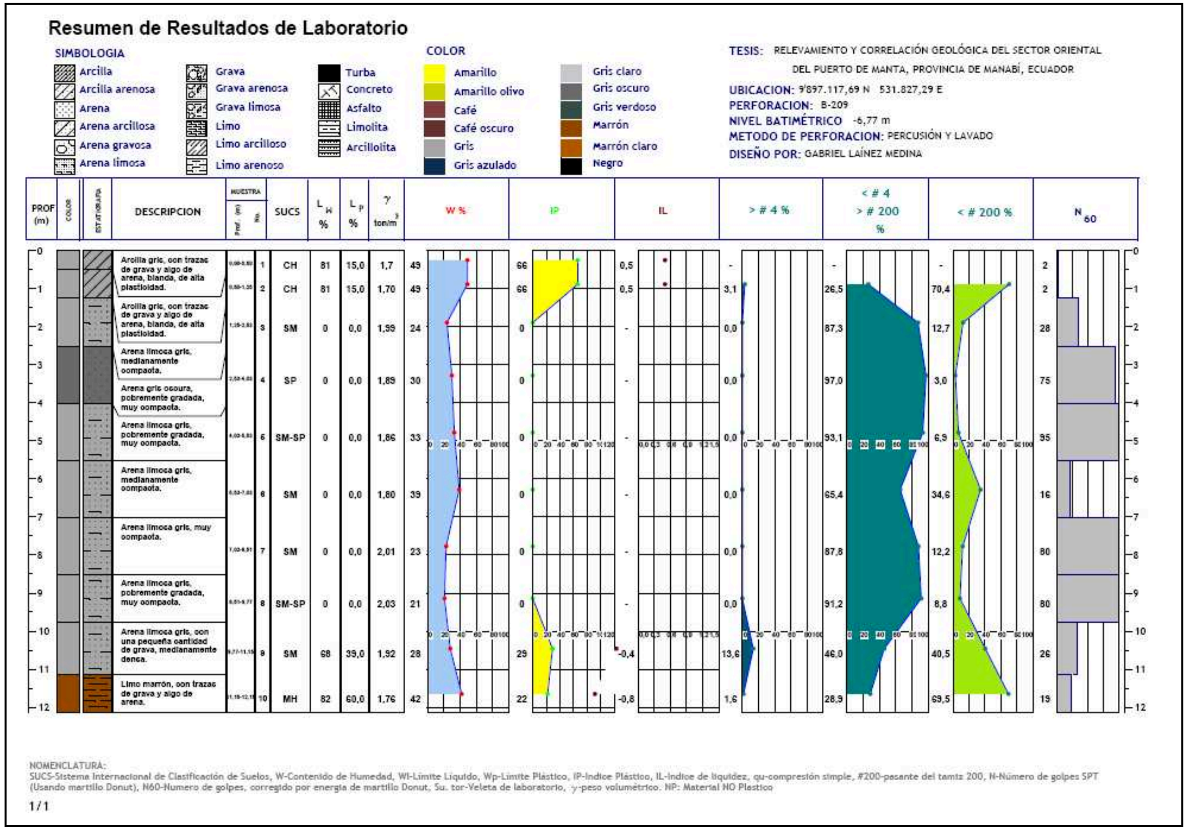
Sondeo B-214 (1/1)



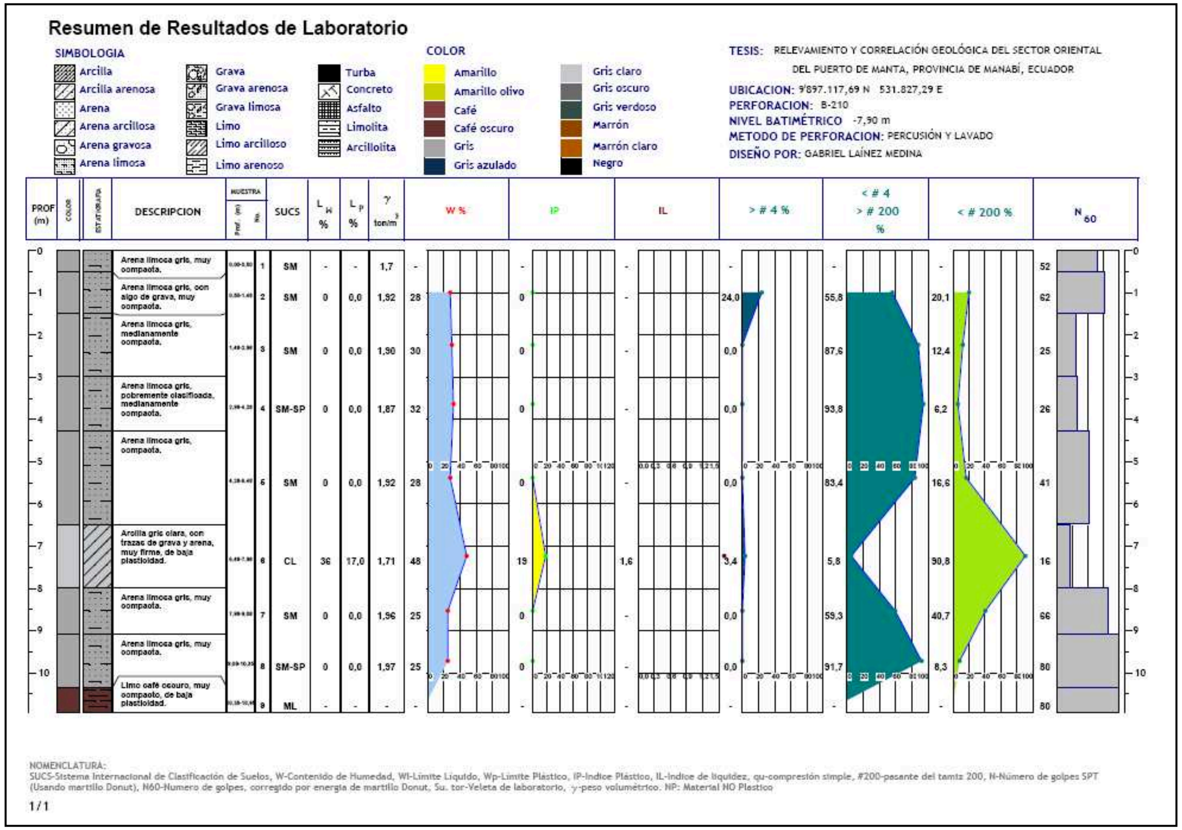
Sondeo B-207 (1/1)



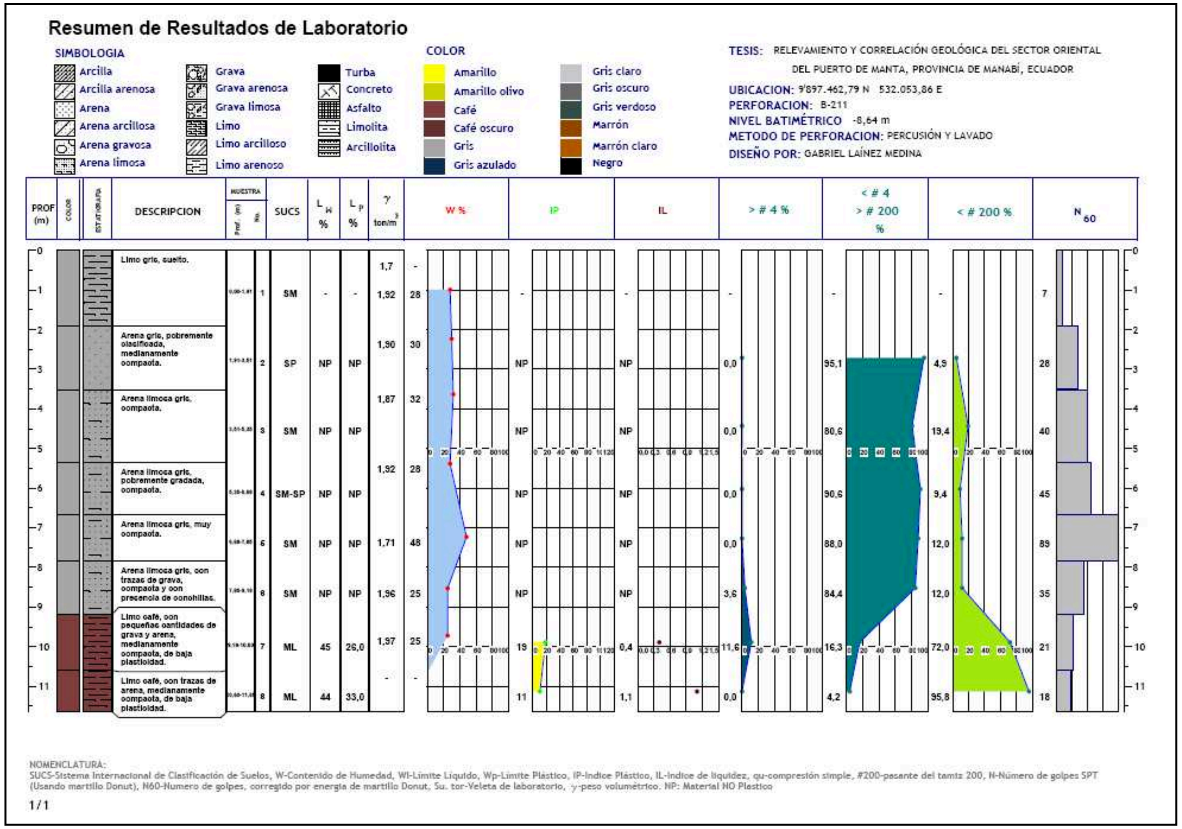
Sondeo B-208 (1/1)



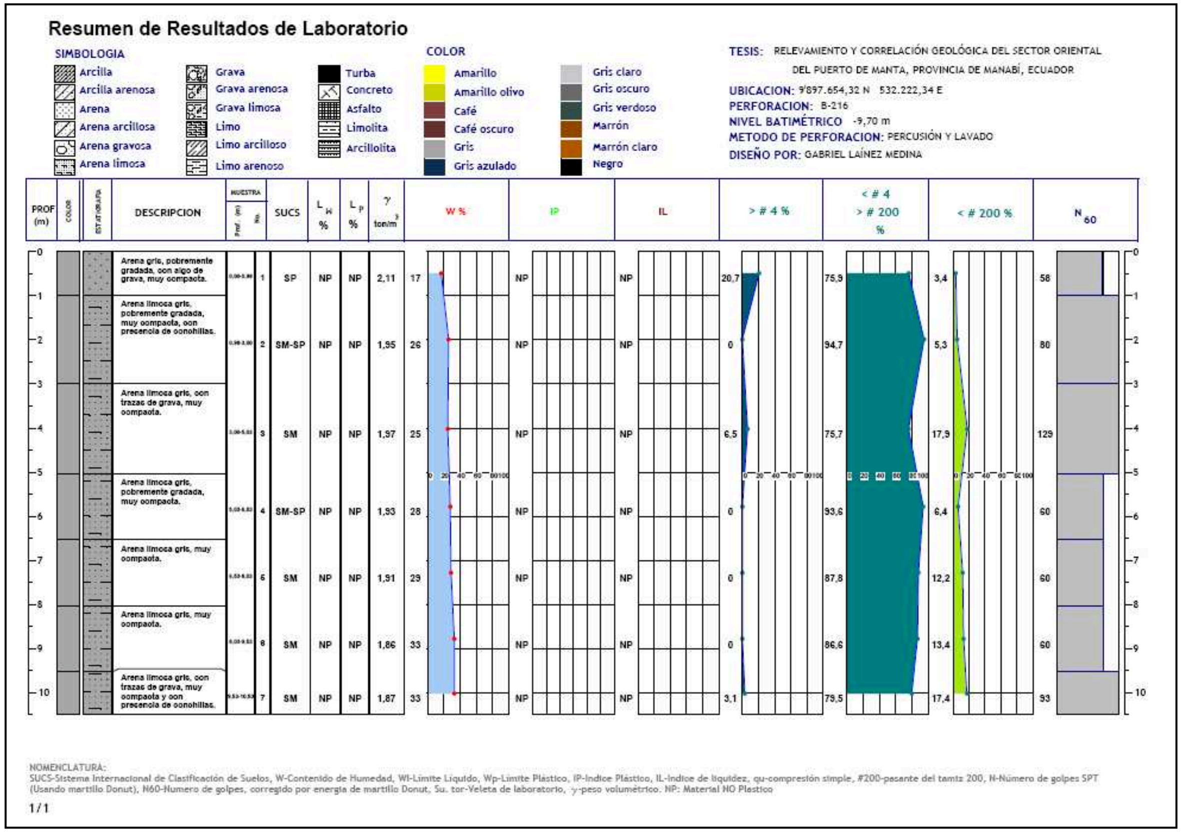
Sondeo B-209 (1/1)



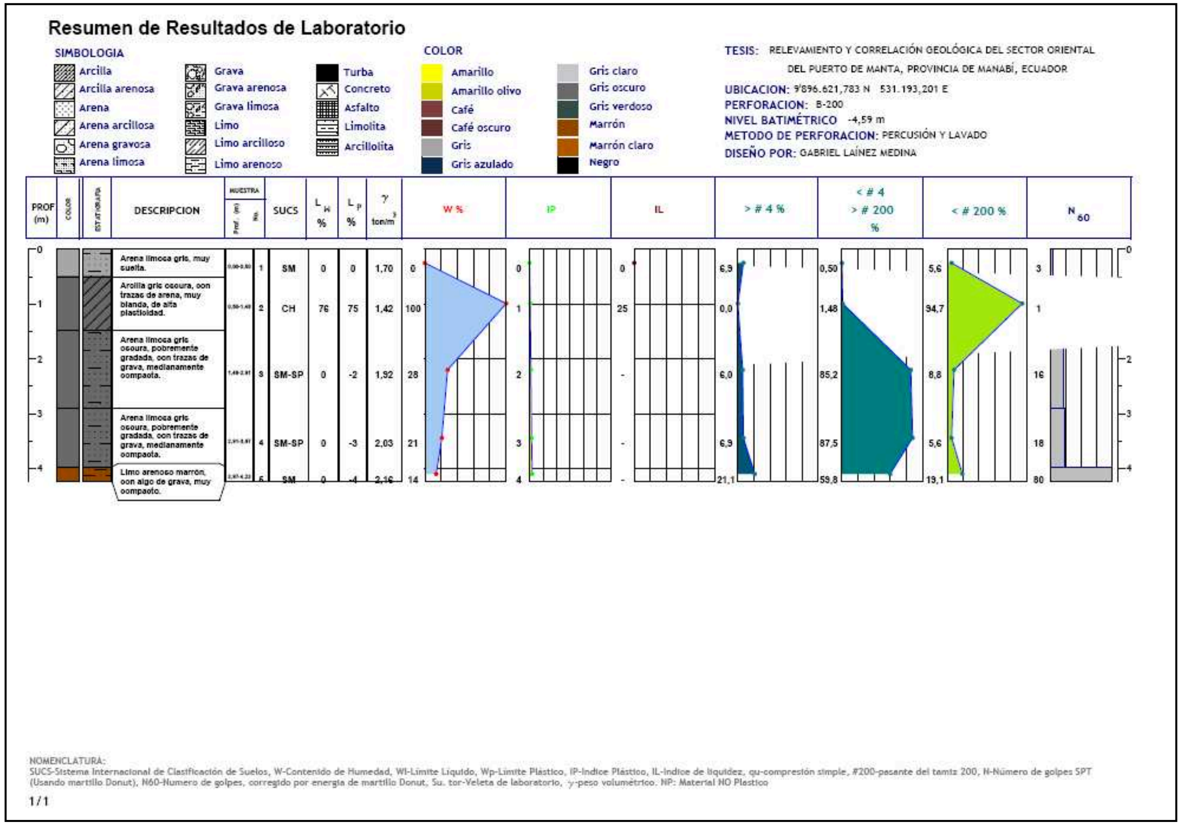
Sondeo B-210 (1/1)



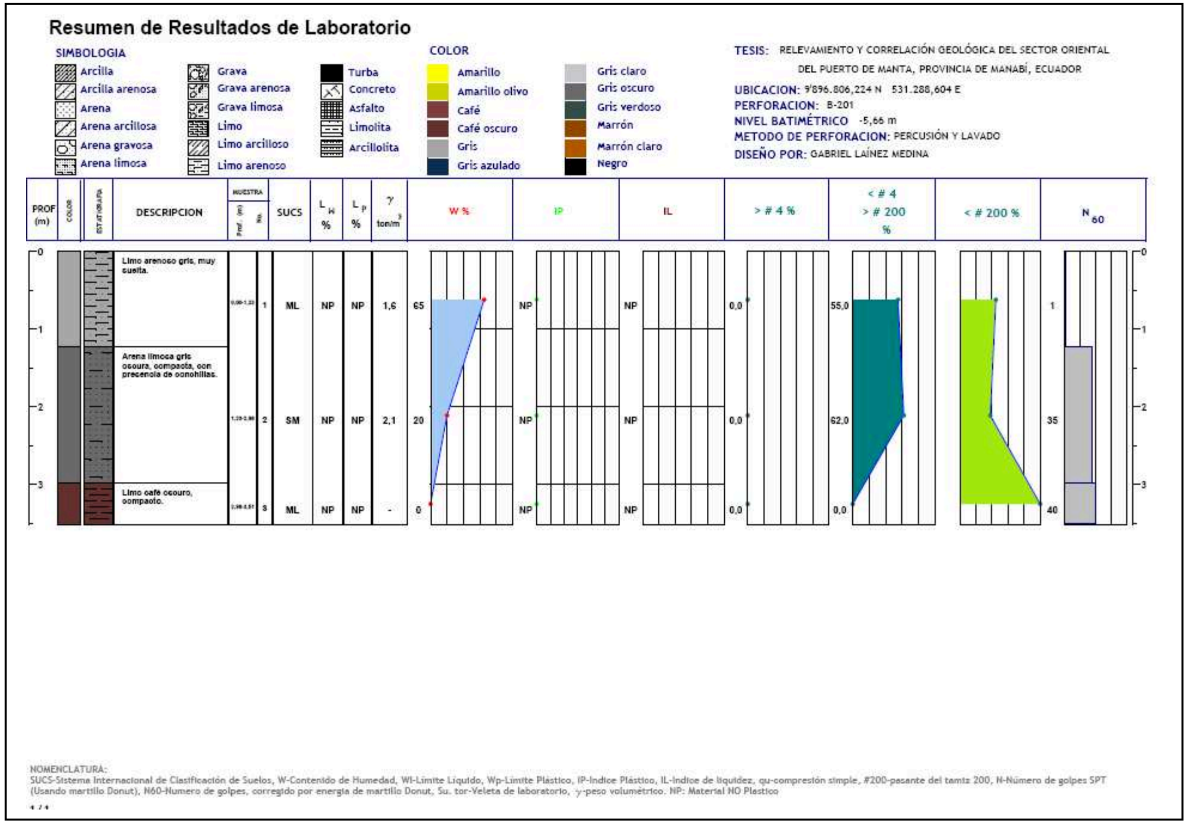
Sondeo B-211 (1/1)



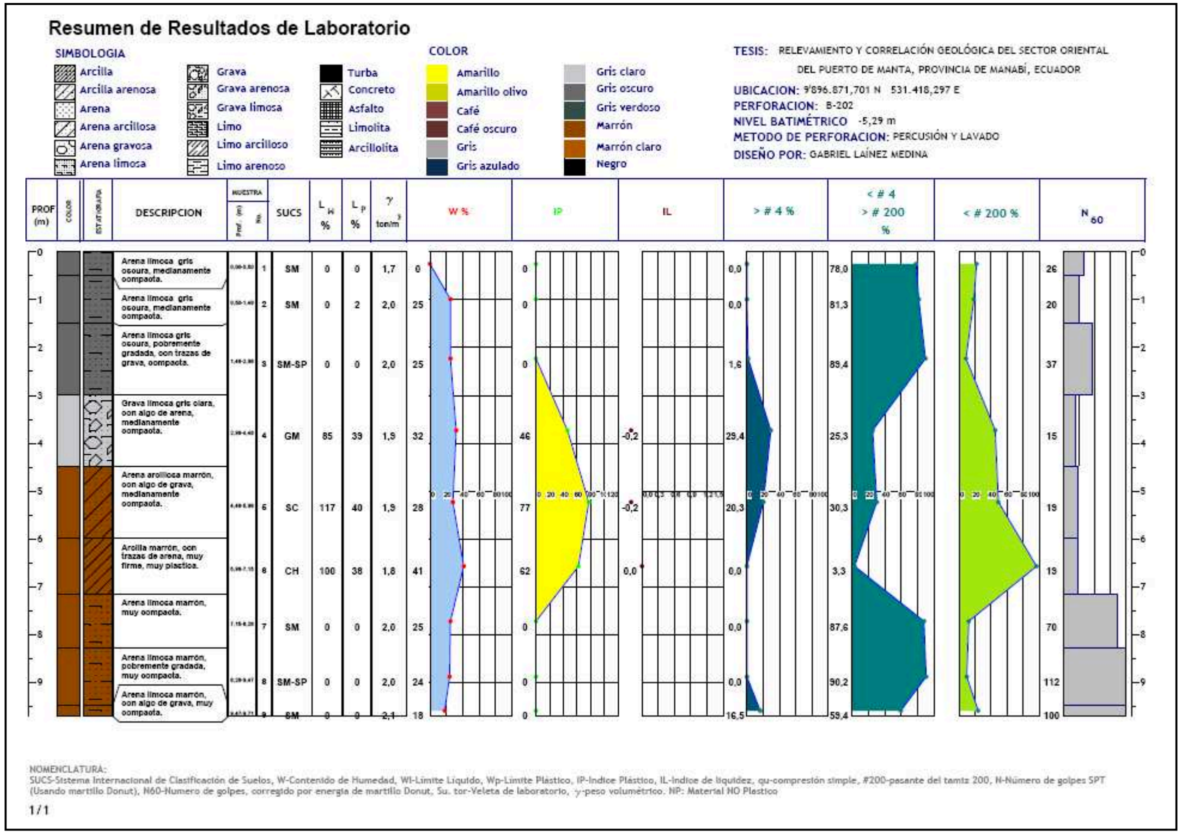
Sondeo B-216 (1/1)



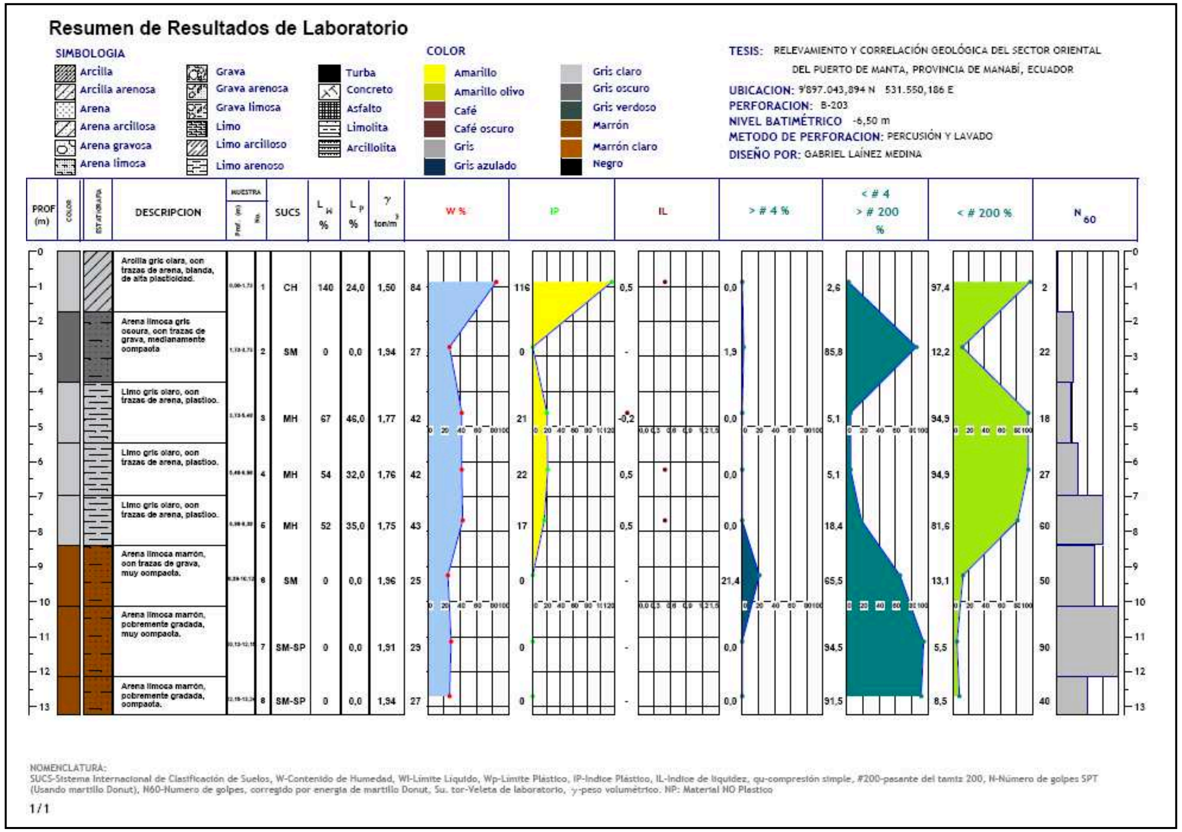
Sondeo B-200 (1/1)



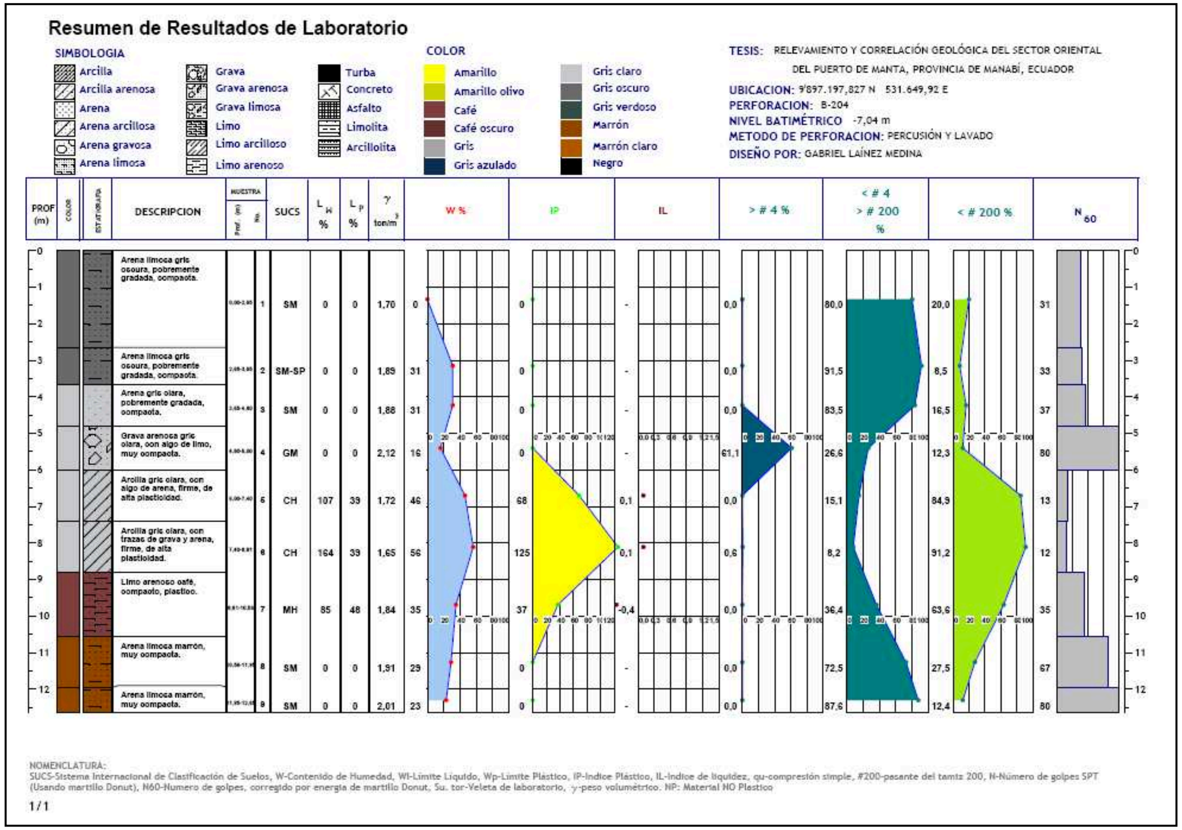
Sondeo B-201 (1/1)



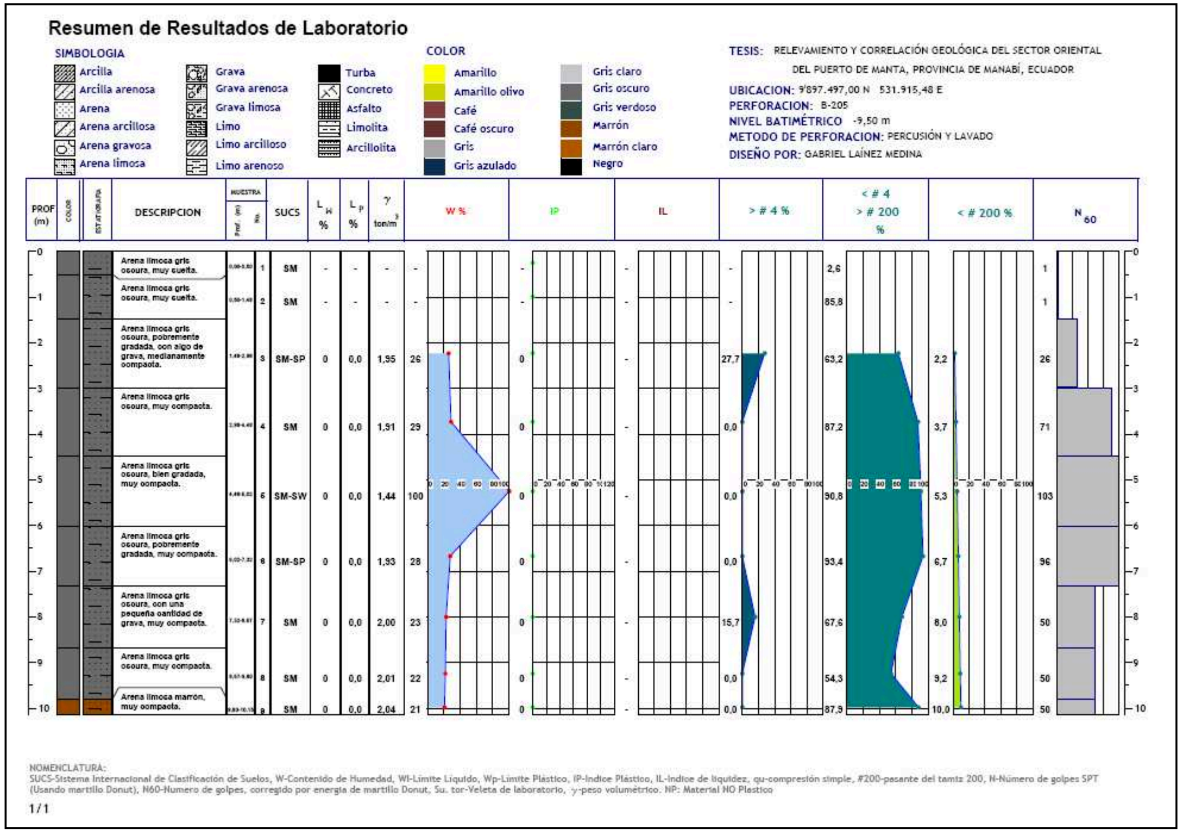
Sondeo B-202 (1/1)



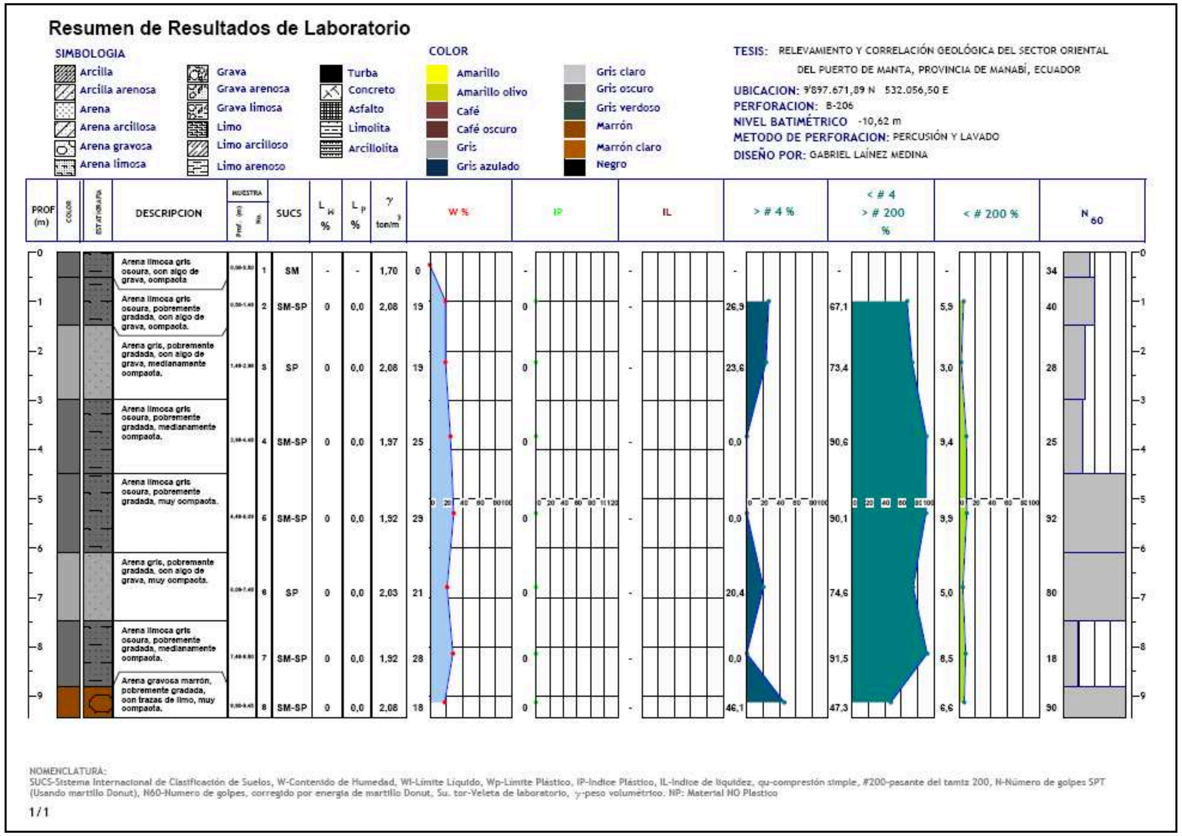
Sondeo B-203 (1/1)



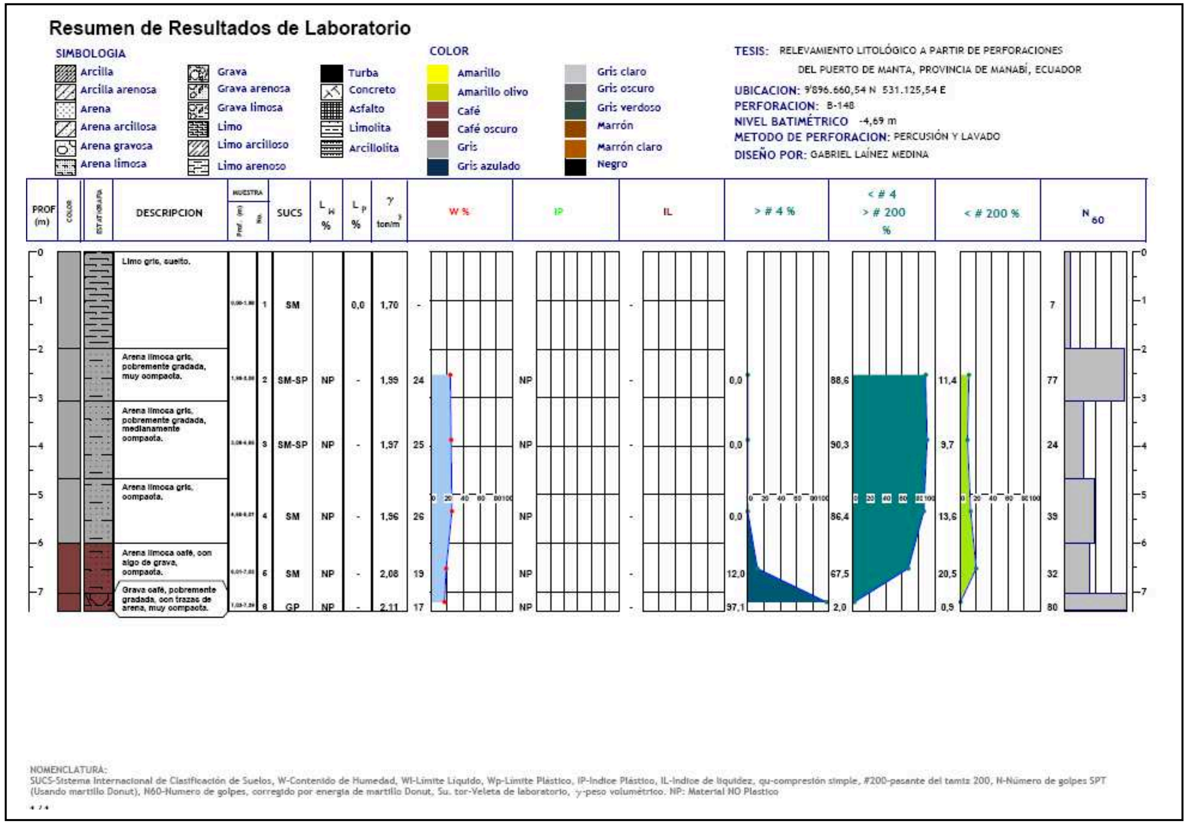
Sondeo B-204 (1/1)



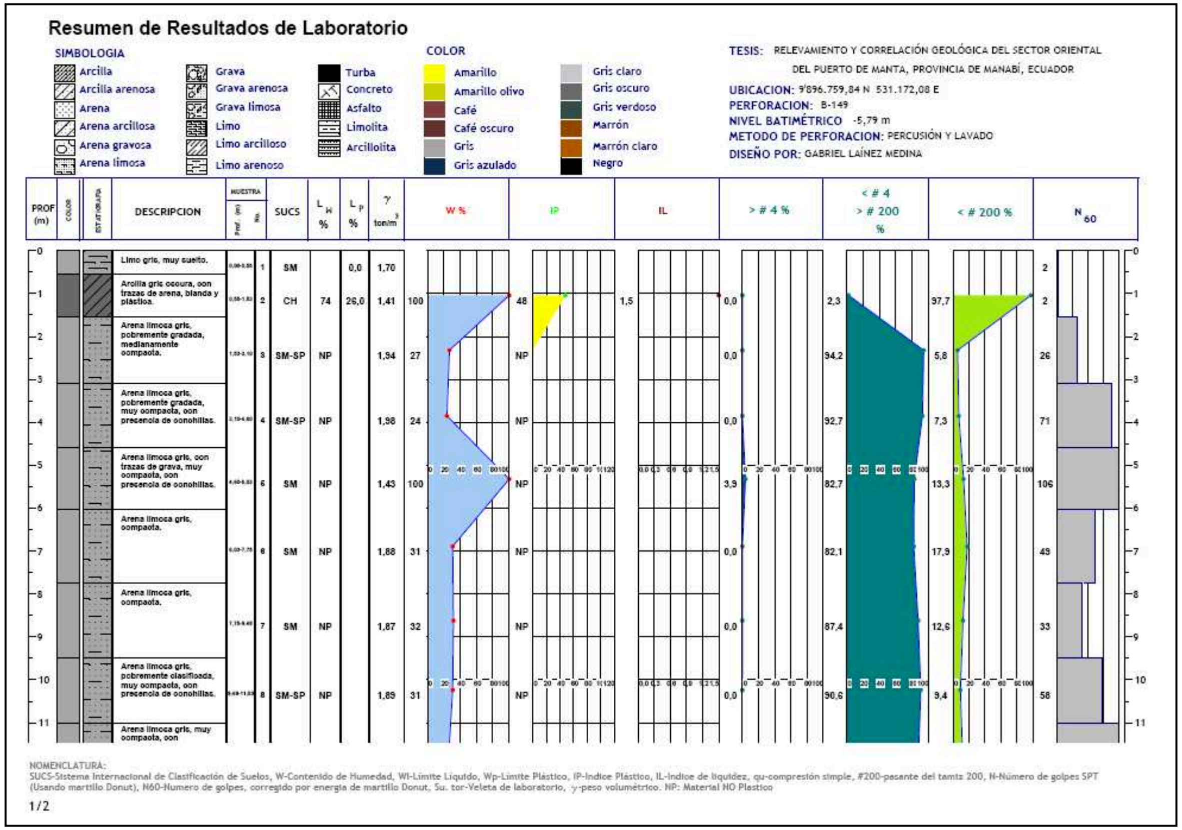
Sondeo B-205 (1/1)



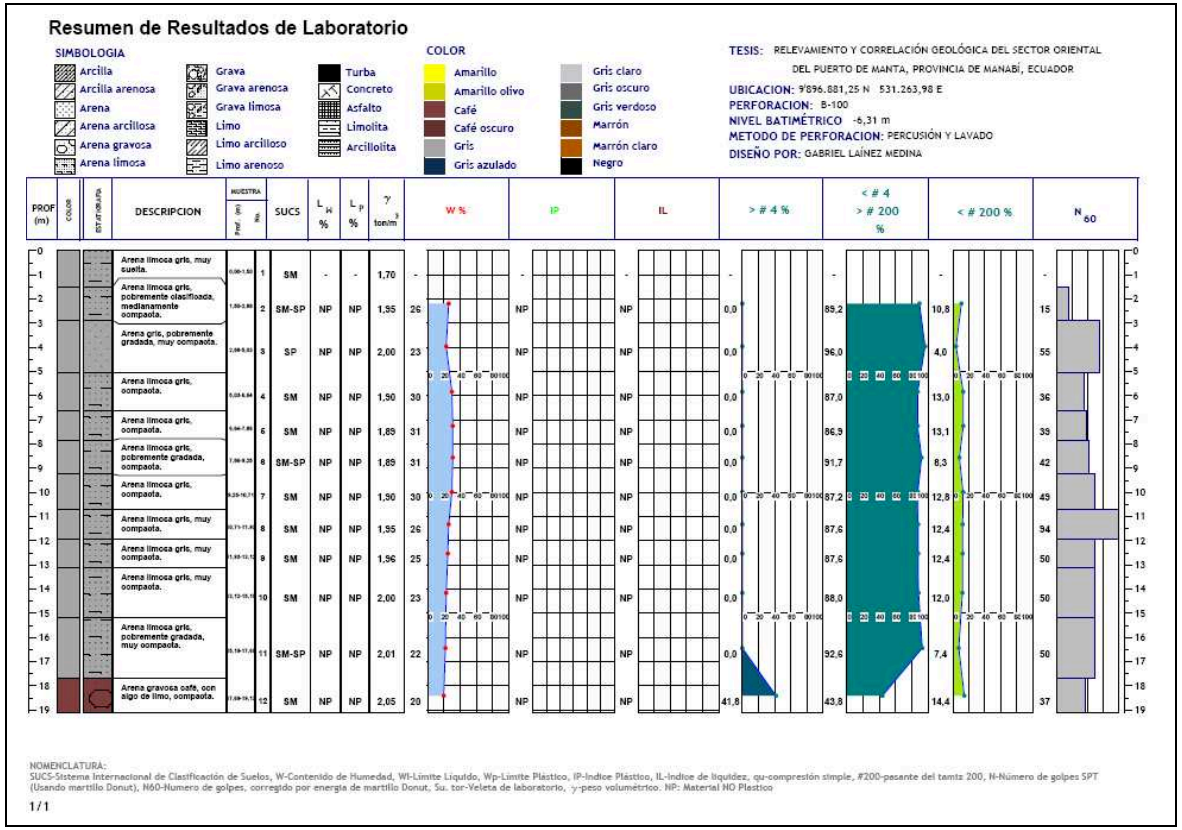
Sondeo B-206 (1/1)



Sondeo B-148 (1/1)



Sondeo B-149 (1/2)

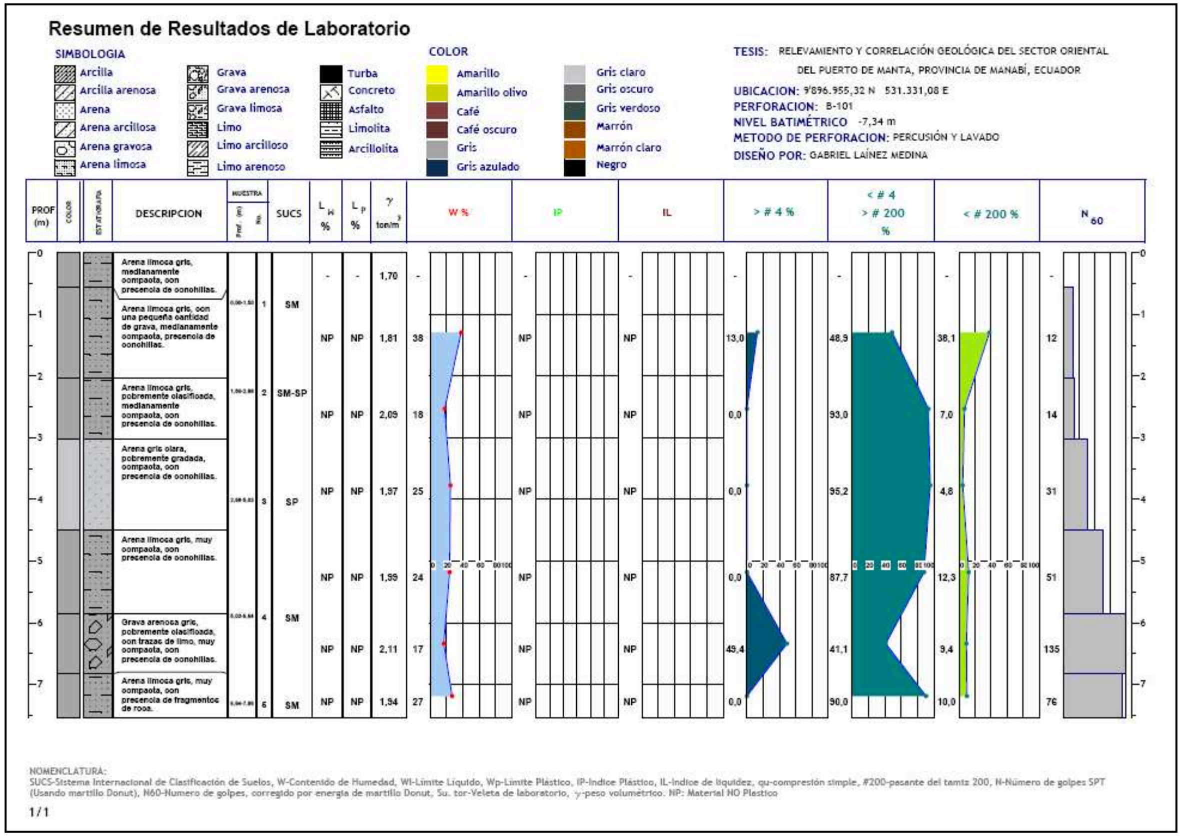


No.	Descripción	SUCS	L_W %	L_P %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
1	Arena limosa gris, muy suelta.	SM	-	-	1,70	-	-	-	-	-	-	-
2	Arena limosa gris, pobremente clasificada, medianamente compacta.	SM-SP	NP	NP	1,95	26	NP	NP	0,0	89,2	10,8	15
3	Arena gris, pobremente gradada, muy compacta.	SP	NP	NP	2,00	23	NP	NP	0,0	96,0	4,0	55
4	Arena limosa gris, compacta.	SM	NP	NP	1,90	30	NP	NP	0,0	87,0	13,0	36
6	Arena limosa gris, compacta.	SM	NP	NP	1,89	31	NP	NP	0,0	86,9	13,1	39
6	Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta.	SM-SP	NP	NP	1,89	31	NP	NP	0,0	91,7	8,3	42
7	Arena limosa gris, compacta.	SM	NP	NP	1,90	30	NP	NP	0,0	87,2	12,8	49
8	Arena limosa gris, muy compacta.	SM	NP	NP	1,95	26	NP	NP	0,0	87,6	12,4	94
9	Arena limosa gris, muy compacta.	SM	NP	NP	1,96	25	NP	NP	0,0	87,6	12,4	50
10	Arena limosa gris, muy compacta.	SM	NP	NP	2,00	23	NP	NP	0,0	88,0	12,0	50
11	Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	SM-SP	NP	NP	2,01	22	NP	NP	0,0	92,6	7,4	50
12	Arena gravosa café, con algo de limo, compacta.	SM	NP	NP	2,05	20	NP	NP	41,8	43,8	14,4	37

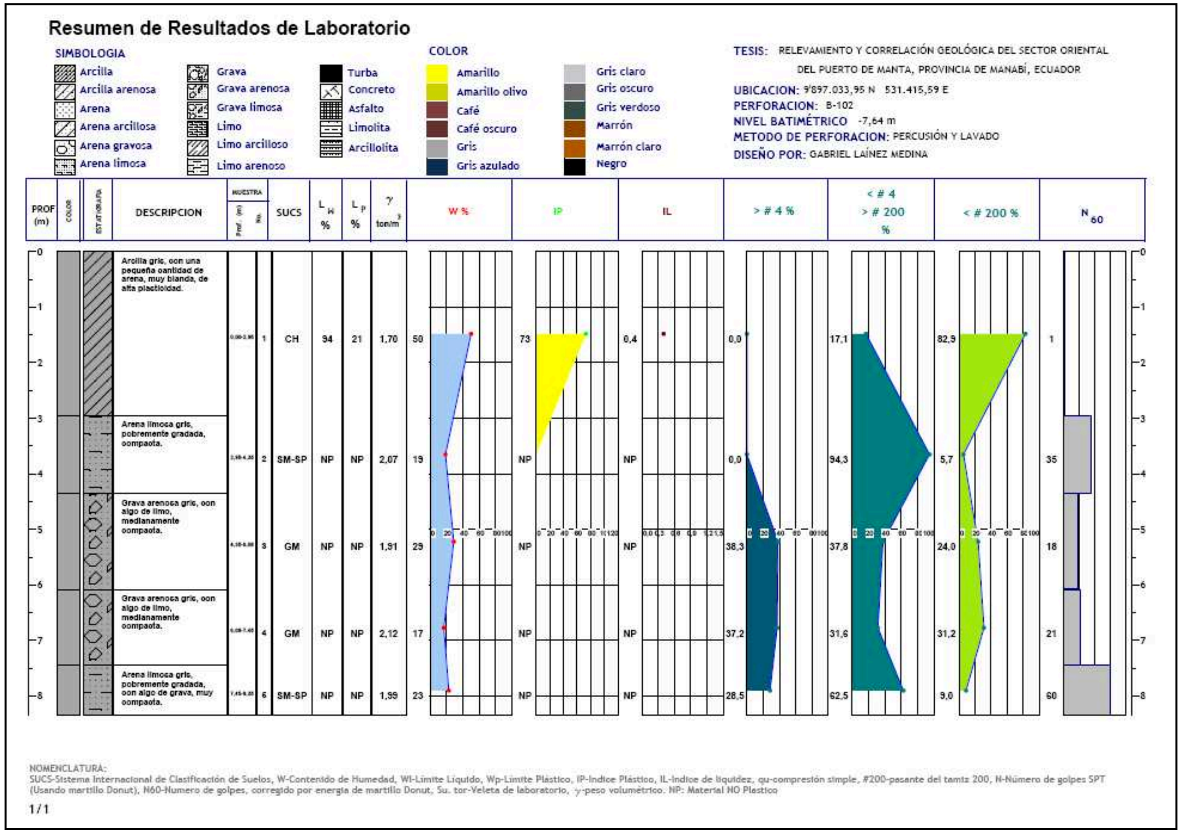
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Límite Líquido, Wp-Límite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, -γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

1/1

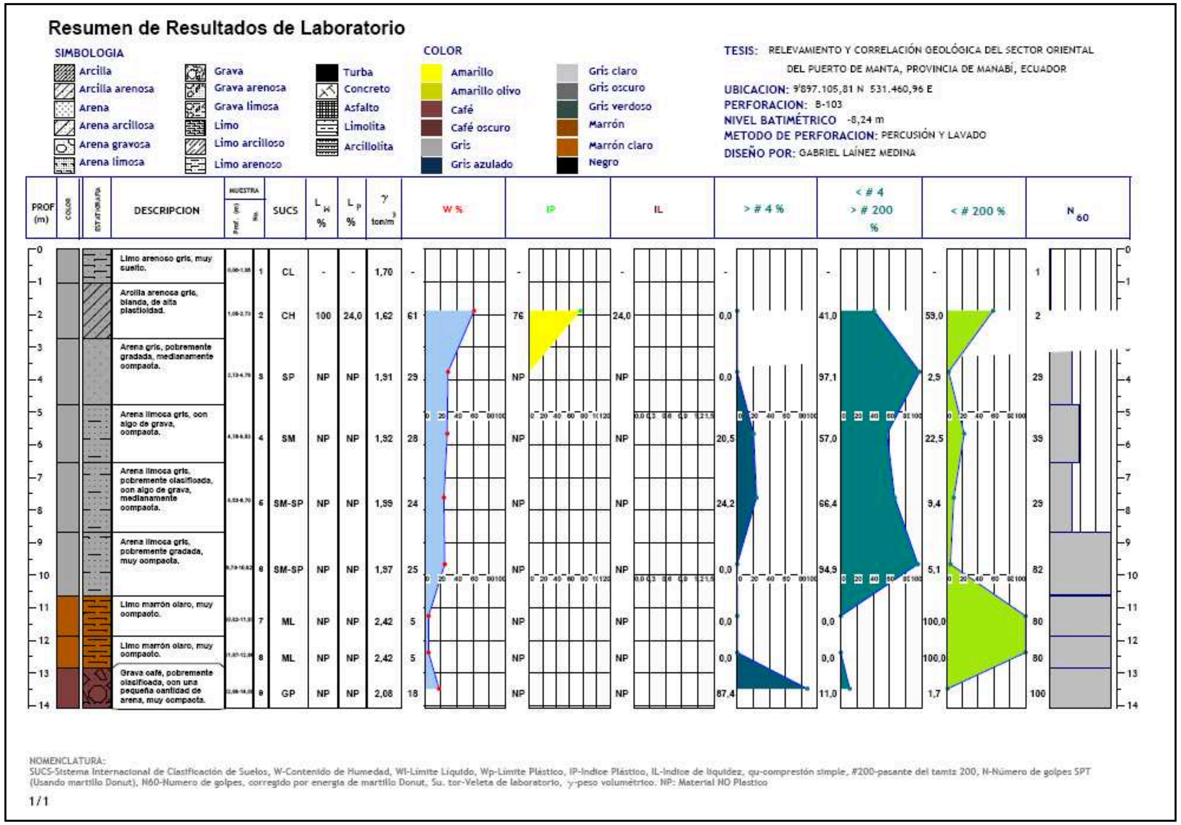
Sondeo B-100 (1/1)



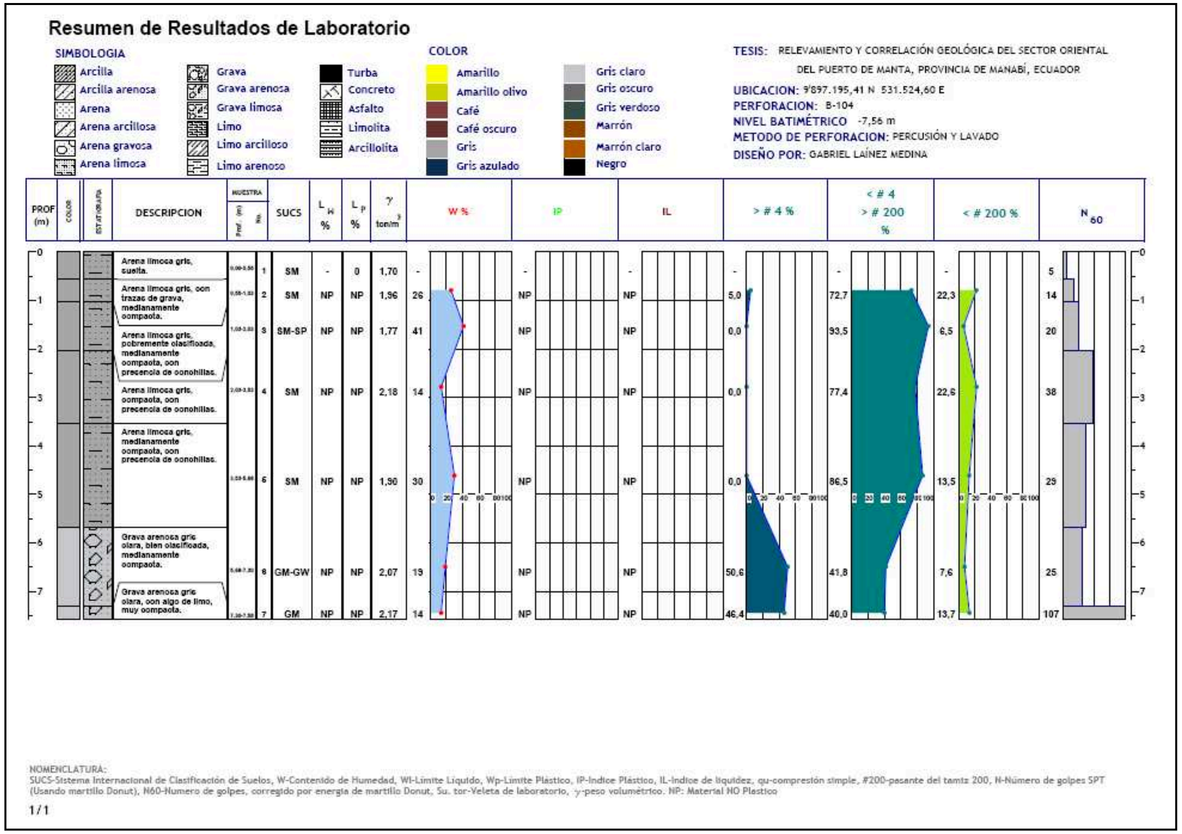
Sondeo B-101 (1/1)



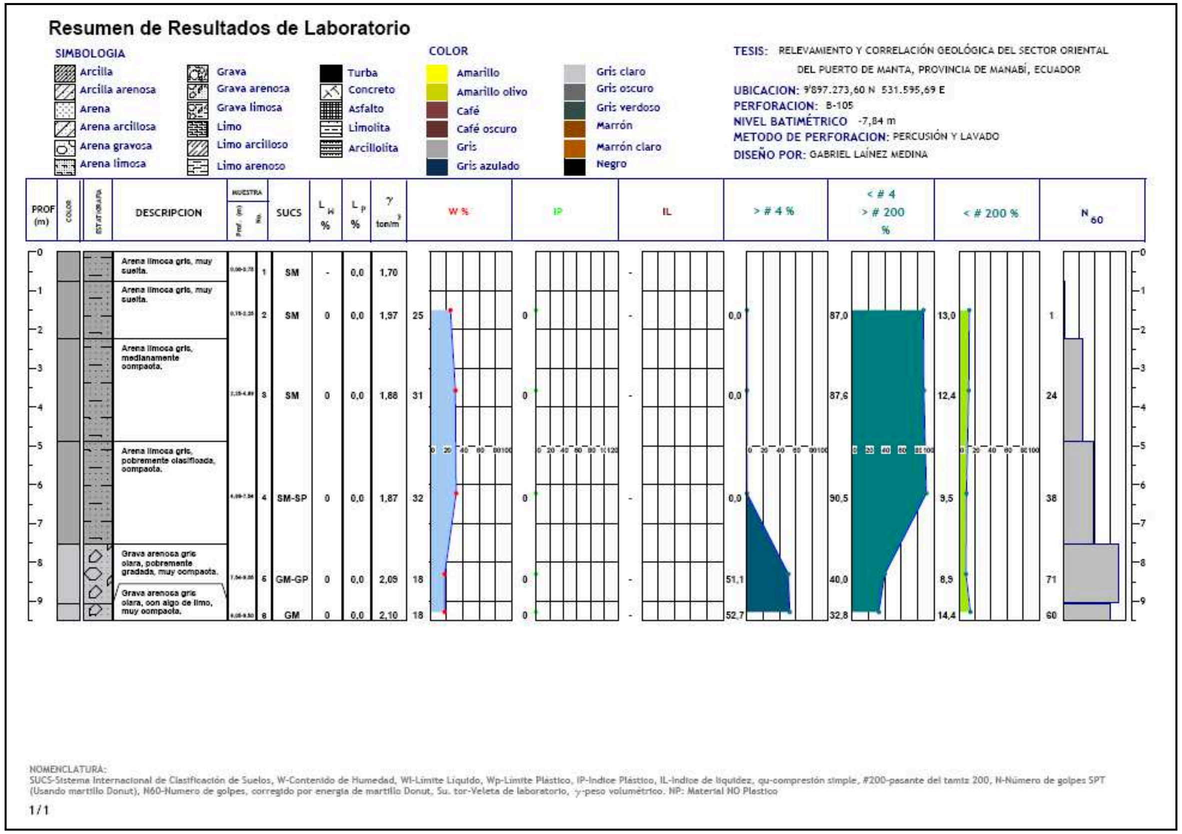
Sondeo B-102 (1/1)



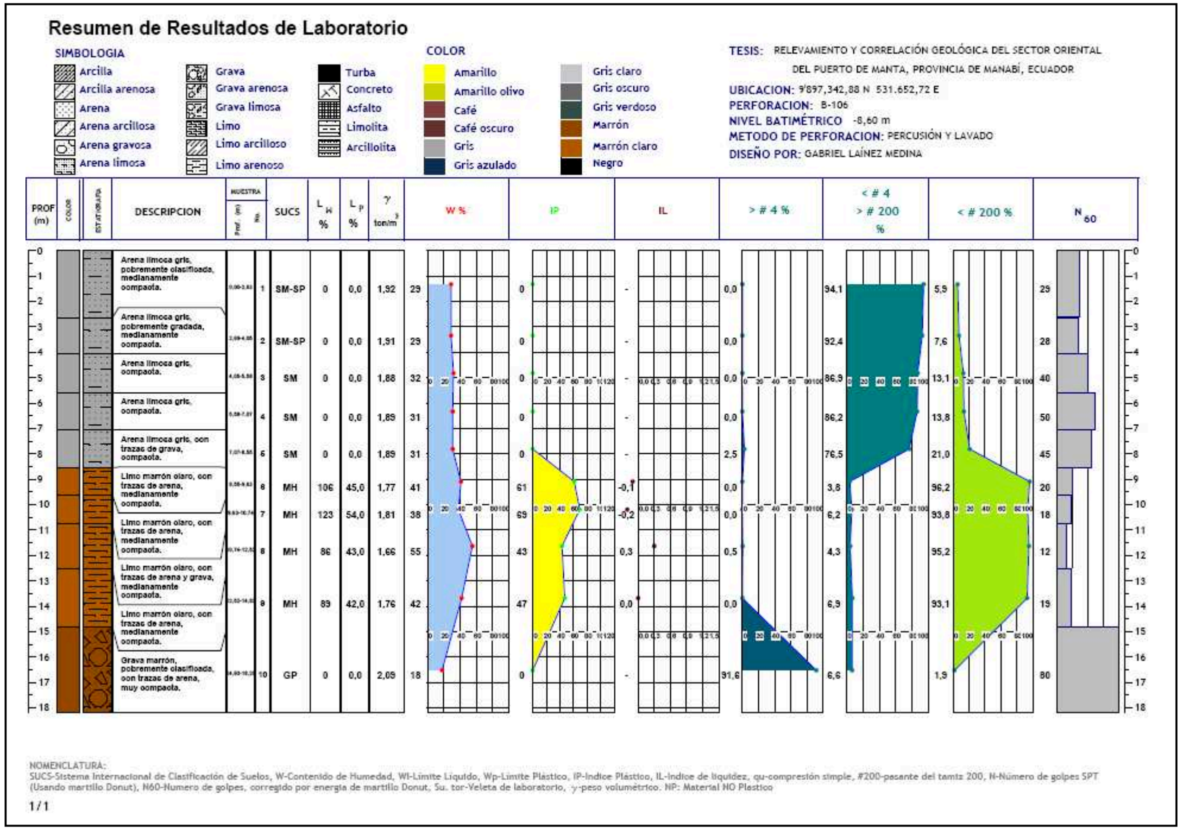
Sondeo B-103 (1/1)



Sondeo B-104 (1/1)



Sondeo B-105 (1/1)



Sondeo B-106 (1/1)

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA

- Arcilla
- Arcilla arenosa
- Arena
- Arena arcillosa
- Arena gravosa
- Arena limosa
- Grava
- Grava arenosa
- Grava limosa
- Limo
- Limo arcilloso
- Limo arenoso
- Turba
- Concreto
- Asfalto
- Limolita
- Arcillolita

COLOR

- Amarillo
- Amarillo olivo
- Café
- Café oscuro
- Gris
- Gris azulado
- Gris claro
- Gris oscuro
- Gris verdoso
- Marrón
- Marrón claro
- Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

UBICACION: 9'896.451,09 N 530.875,86 E

PERFORACION: B-142

NIVEL BATIMÉTRICO -3,54 m

METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO

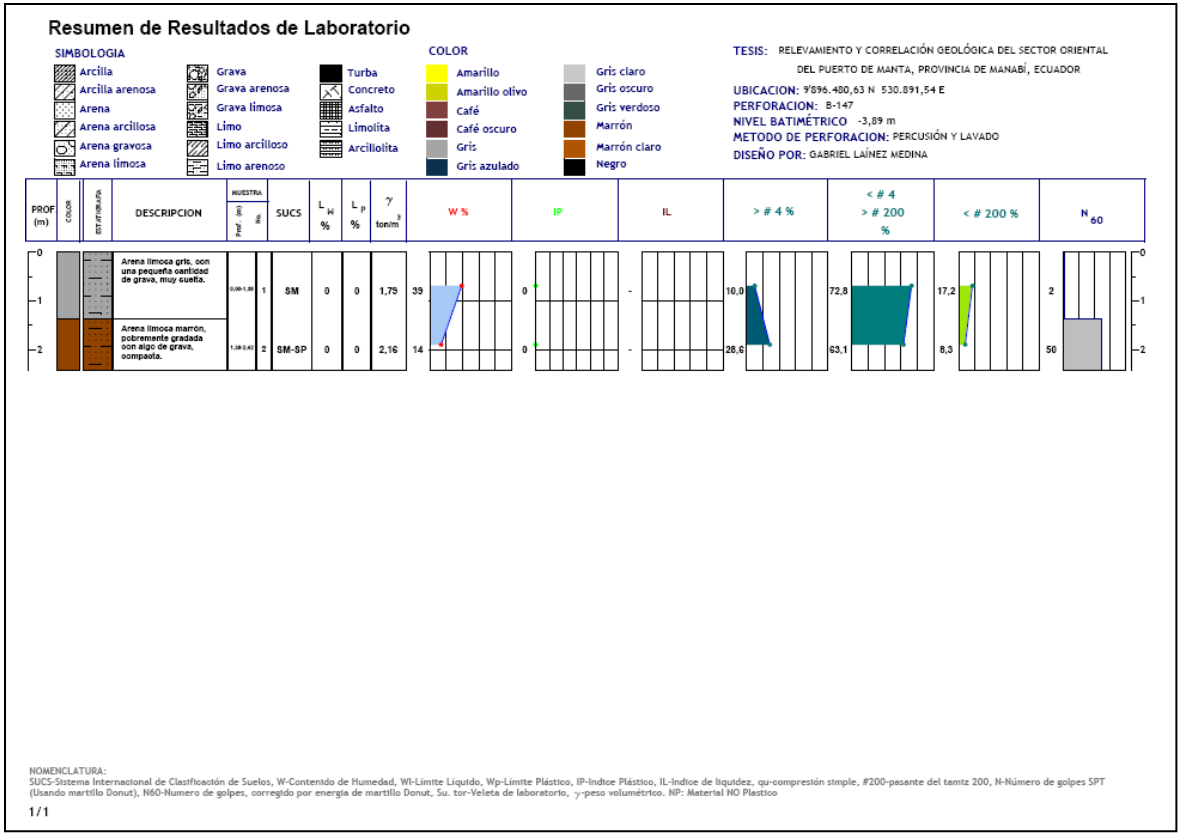
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

PROF (m)	COLOR	ESTRATIGRAFIA	DESCRIPCION	MUESTRA Prof. (m)	MUESTRA No.	SUCS	L_W %	L_P %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
0			Limo gris, suelto.	0,00-0,45	1	ML		0,0	1,70			-				7
1			Grava limosa marrón clara, pobremente gradada, con trazas de arena , medianamente compacta.	0,45-1,50	2	GM-GP	NP	-	1,84	35	NP	-	80,0	10,0	10,0	17

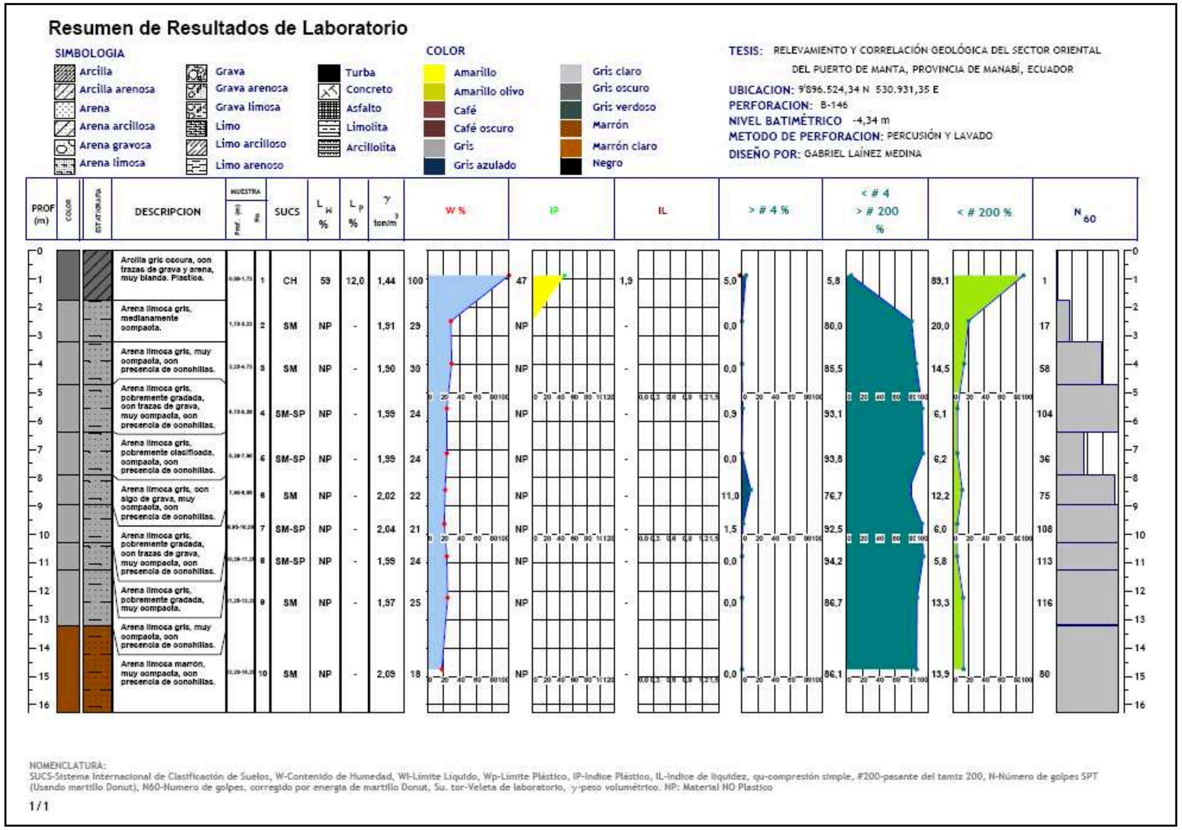
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Limite Liquido, Wp-Limite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energia de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

1 / 1

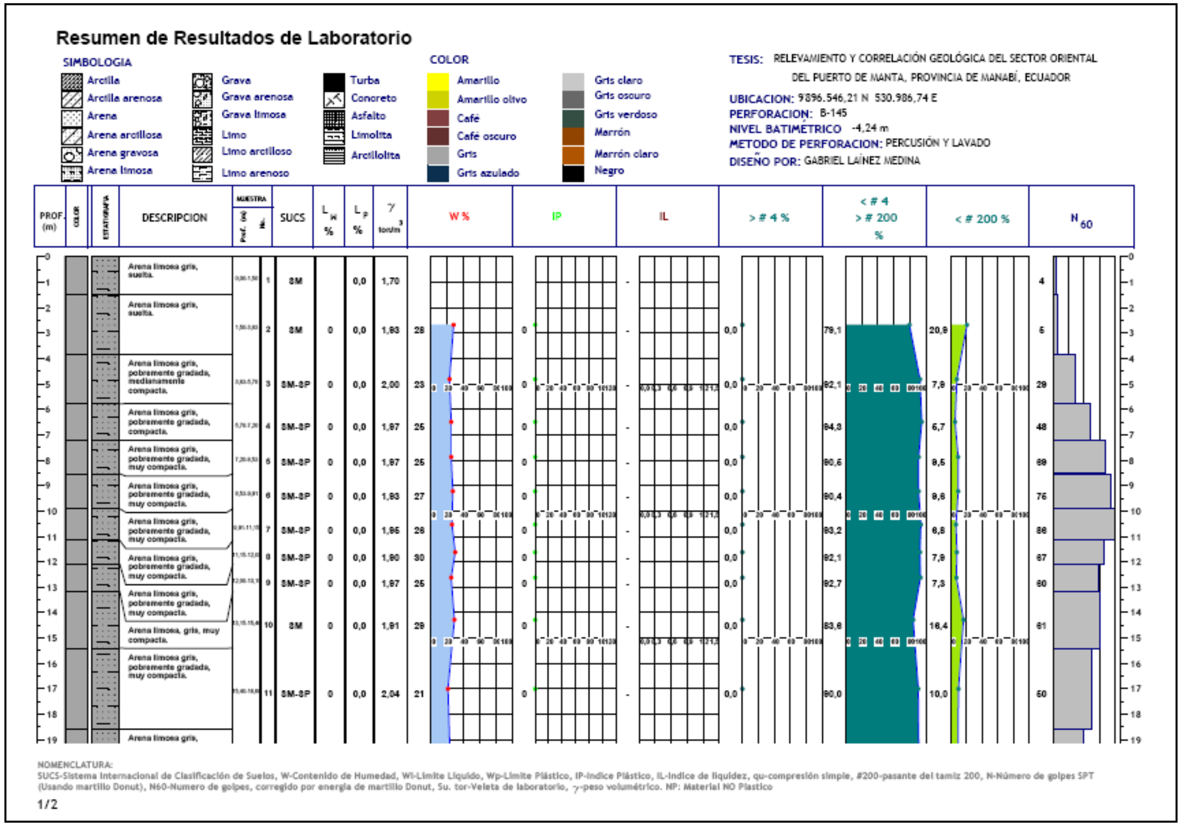
Sondeo B-142 (1/1)



Sondeo B-147 (1/1)



Sondeo B-146 (1/1)



Sondeo B-145 (1/2)

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA

Arcilla; Arcilla arenosa; Arena; Arena arcillosa; Arena gravosa; Arena limosa; Grava; Grava arenosa; Grava limosa; Limo; Limo arcilloso; Limo arenoso; Turba; Concreto; Asfalto; Limolita; Arcillolita

COLOR

Amarillo; Amarillo olivo; Café; Café oscuro; Gris; Gris azulado; Gris claro; Gris oscuro; Gris verdoso; Marrón; Marrón claro; Negro

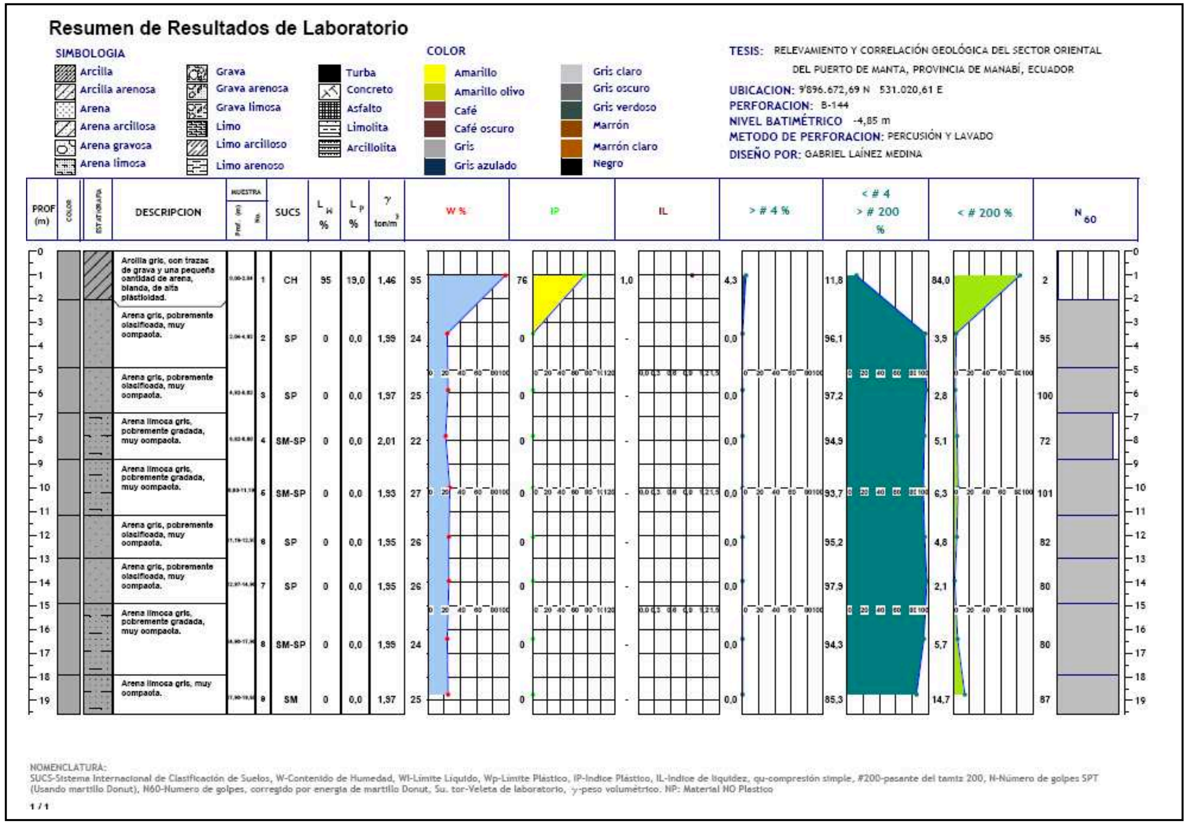
TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

UBICACION: 9896.546,21 N 530.986,74 E
PERFORACION: B-145
NIVEL BATIMETRICO -4,24 m
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

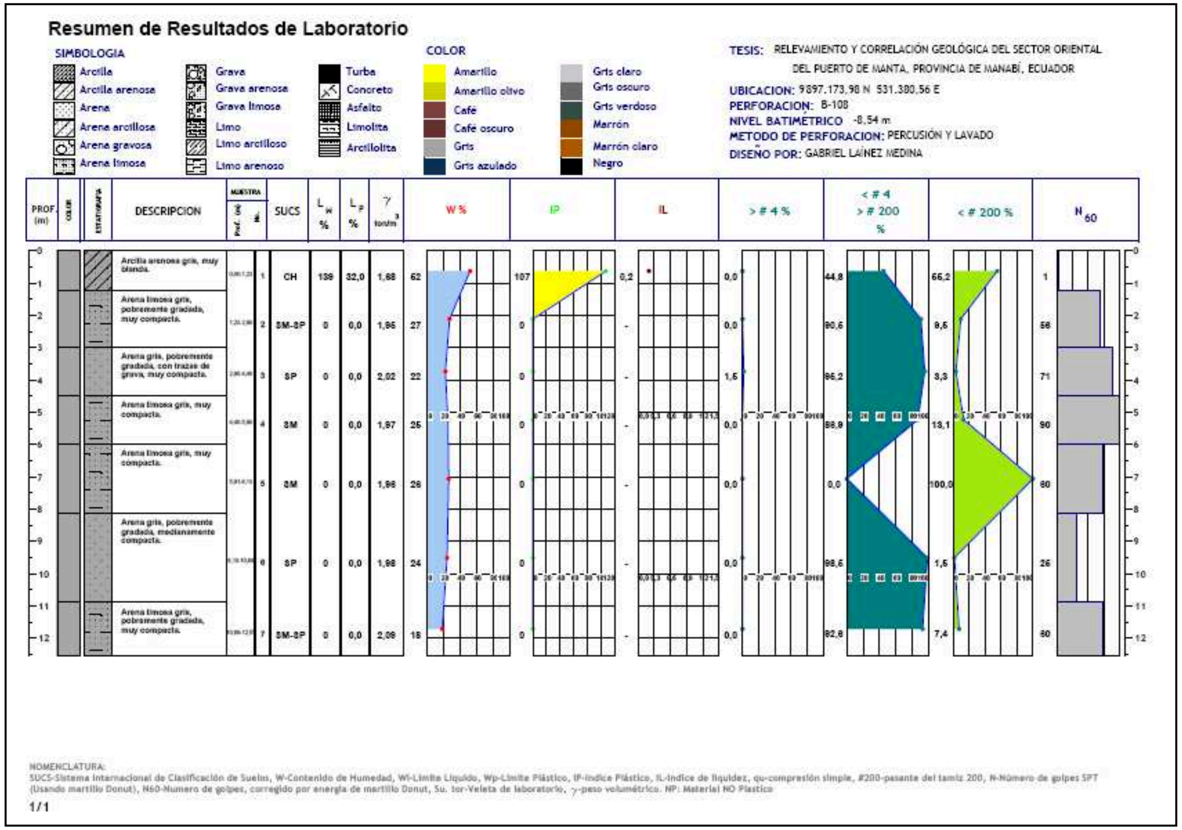
PROF. (m)	COLOR	ESTATIGRAFIA	DESCRIPCION	MUESTRA Nº	SUCS	L_w %	L_p %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
19–21,5			pobremente gradada, muy compacta.	12	SM-SP	0	0,0	1,89	24	0	-	0,0	90,8	9,2	40
21,5–24,5			Arena arcillosa gris, medianamente compacta.	13	SC	94	40,0	1,71	48	64	0,2	0,0	58,2	41,8	29
24,5–26			Arcilla orgánica marrón, con una pequeña cantidad de arena, muy firme. Plástica.	14	OH	76	37,0	1,79	40	39	0,1	0,0	12,4	87,6	21

NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Limite Liquido, Wp-Limite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energia de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

Sondeo B-145 (2/2)



Sondeo B-144 (1/1)



Sondeo B-108 (1/1)

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA: Arcilla, Arcilla arenosa, Arena, Arena arcillosa, Arena gravosa, Arena limosa, Grava, Grava arenosa, Grava limosa, Limo, Limo arcilloso, Limo arenoso, Turba, Concreto, Asfalto, Limolita, Arcillolita

COLOR: Amarillo, Amarillo olivo, Café, Café oscuro, Gris, Gris azulado, Gris claro, Gris oscuro, Gris verdoso, Marrón, Marrón claro, Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

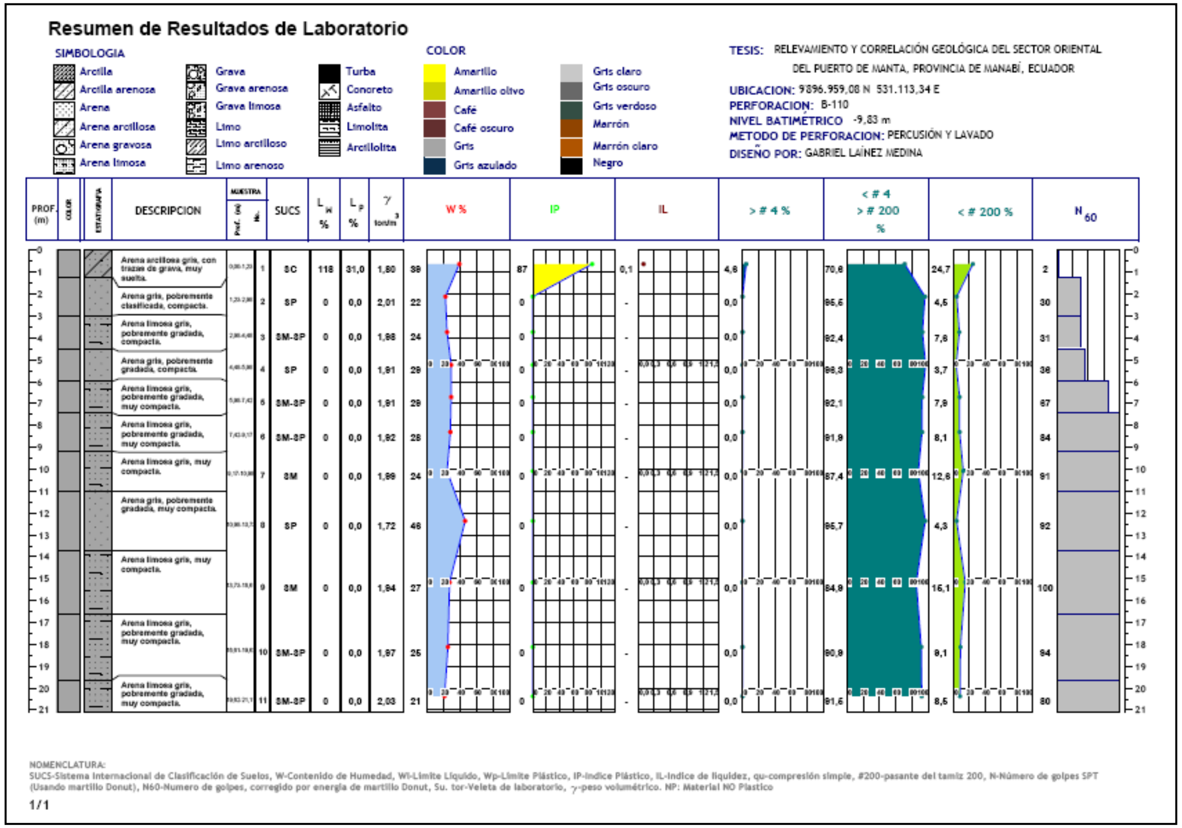
UBICACION: 9897.025,25 N 531.255,14 E
PERFORACION: B-109
NIVEL BATIMÉTRICO -7,38 m
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

DESCRIPCION	MUESTRA Prof. (m)	MUESTRA No.	SUCS	L_w %	L_p %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
Arena limosa gris, suelta.	0,00-2,85	1	SM		0,0	1,70			-				4
Arena arcillosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	2,85-3,80	2	SC-SP	94	21,0	1,96	26	73	0,1	6,8	94,2	6,8	83
Arena gris, pobremente gradada, medianamente compacta.	3,80-5,10	3	SP	0	0,0	2,01	22	0	-	1,3	98,7	1,3	29
	5,10-6,44	4	SP	0	0,0	1,94	27	0	-	1,8	98,2	1,8	51
Arena gris, pobremente gradada, muy compacta.	6,44-8,88	5	SM-SP	0	0,0	2,09	18	0	-	7,2	77,3	7,2	126
Arena limosa gris, pobremente gradada, con algo de grava, muy compacta.	9,96-11,78	6	SM-SP	0	0,0	1,97	25	0	-	8,7	91,3	8,7	50
Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta.	11,78-15,2	7	SM-SP	0	0,0	2,02	22	0	-	6,1	93,9	6,1	80
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	15,21-17,84	8	SM-SP	0	0,0	2,04	21	0	-	8,6	91,4	8,6	80
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	17,84-20,3	9	SM-SP	0	0,0	2,03	22	0	-	9,2	90,8	9,2	81
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	20,23-23,5	10	SM-SP	0	0,0	1,99	24	0	-	5,2	94,8	5,2	43
Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta.													
Arena arcillosa gris, compacta.	23,50-27,5	11	SC	32	13,0	1,79	39	19	1,4	39,5	60,6	39,5	39
Arcilla arenosa orgánica amarillo oliva, dura, de baja plasticidad.	27,53-32,4	12	OL	47	32,0	1,80	38	15	0,4	59,8	40,2	59,8	31

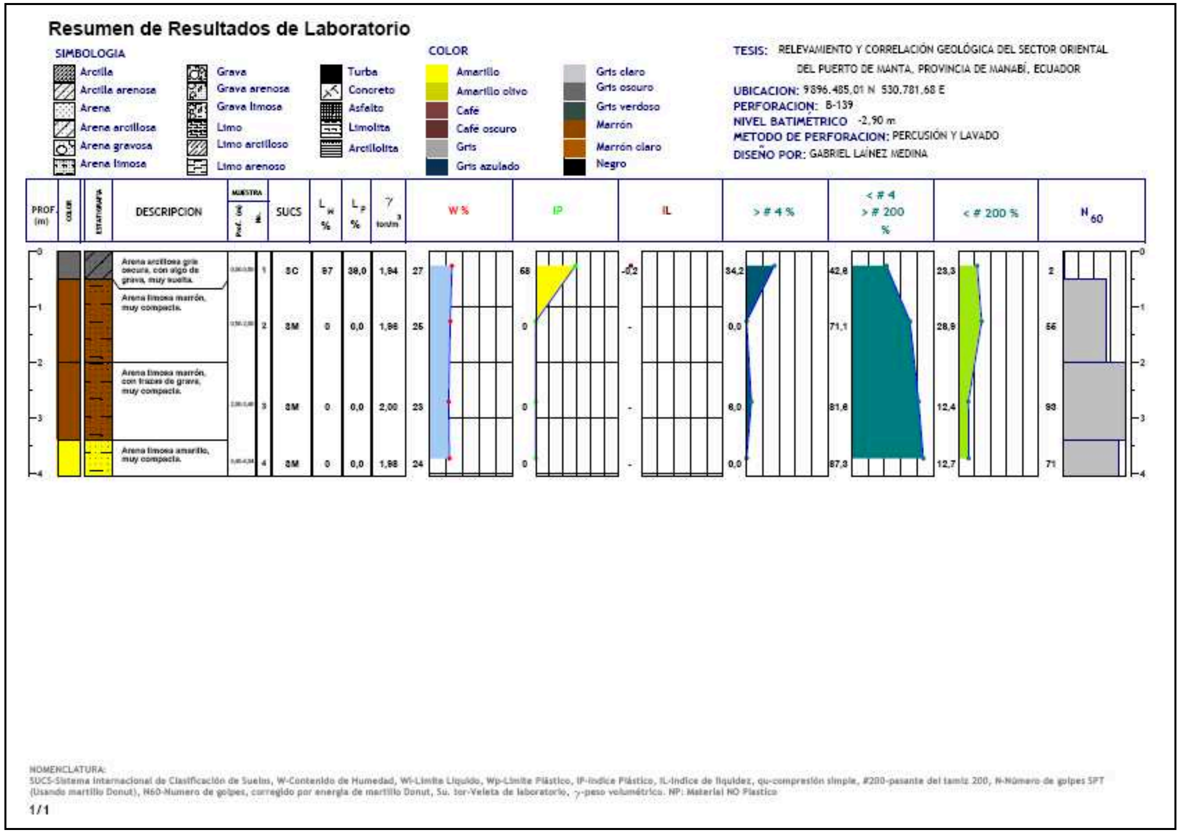
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Límite Líquido, Wp-Límite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plástico

1/1

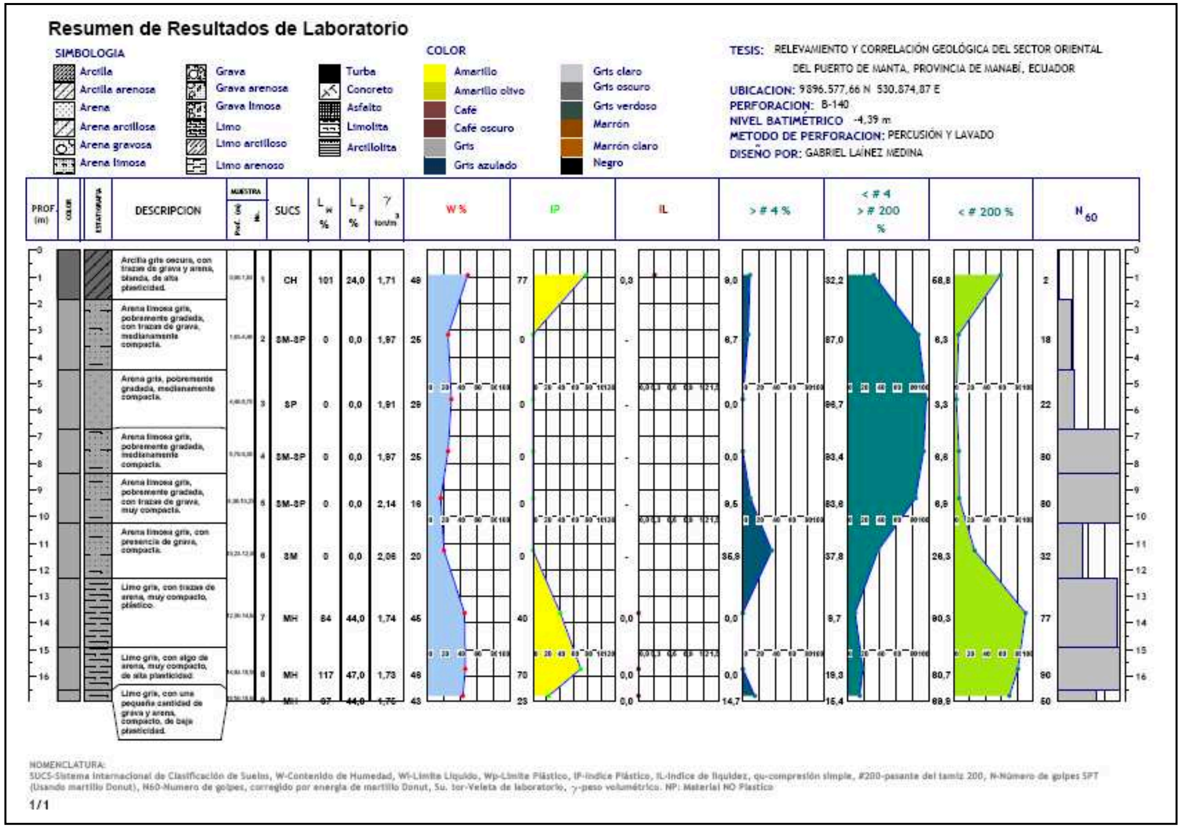
Sondeo B-109 (1/1)



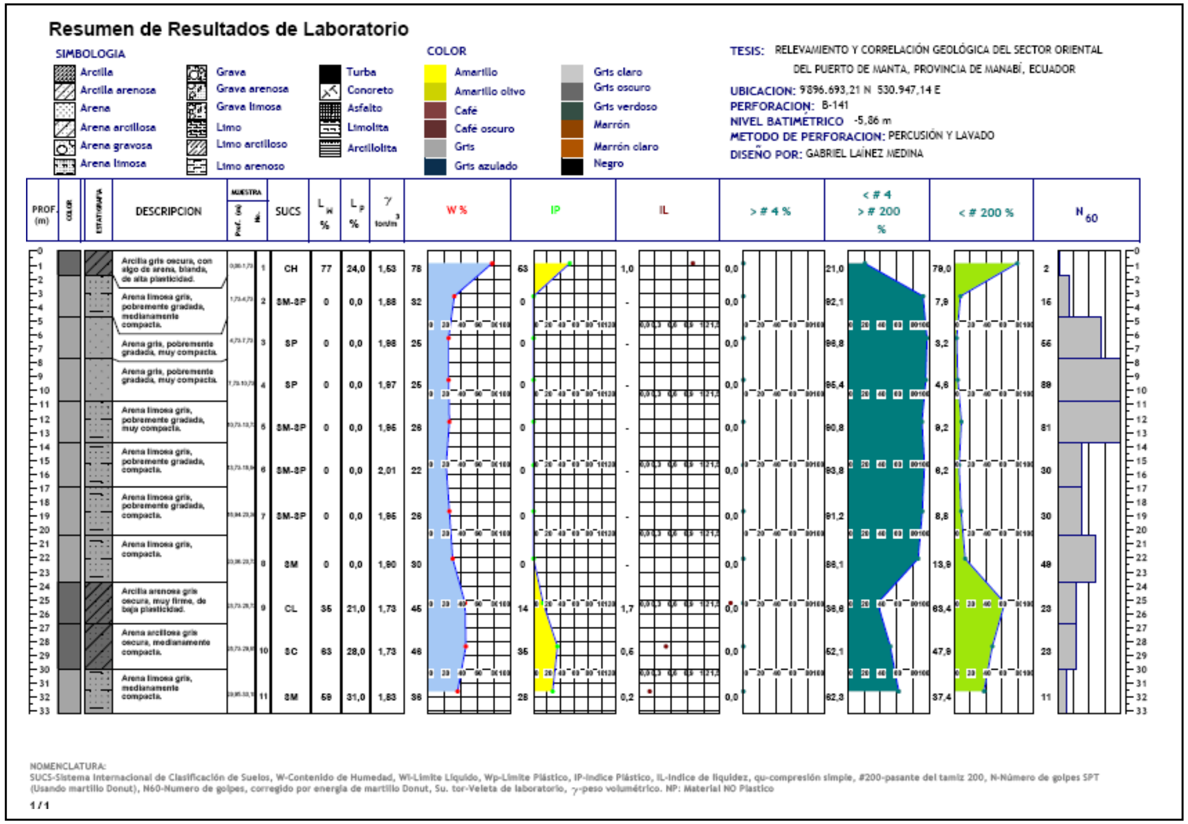
Sondeo B-110 (1/1)



Sondeo B-139 (1/1)

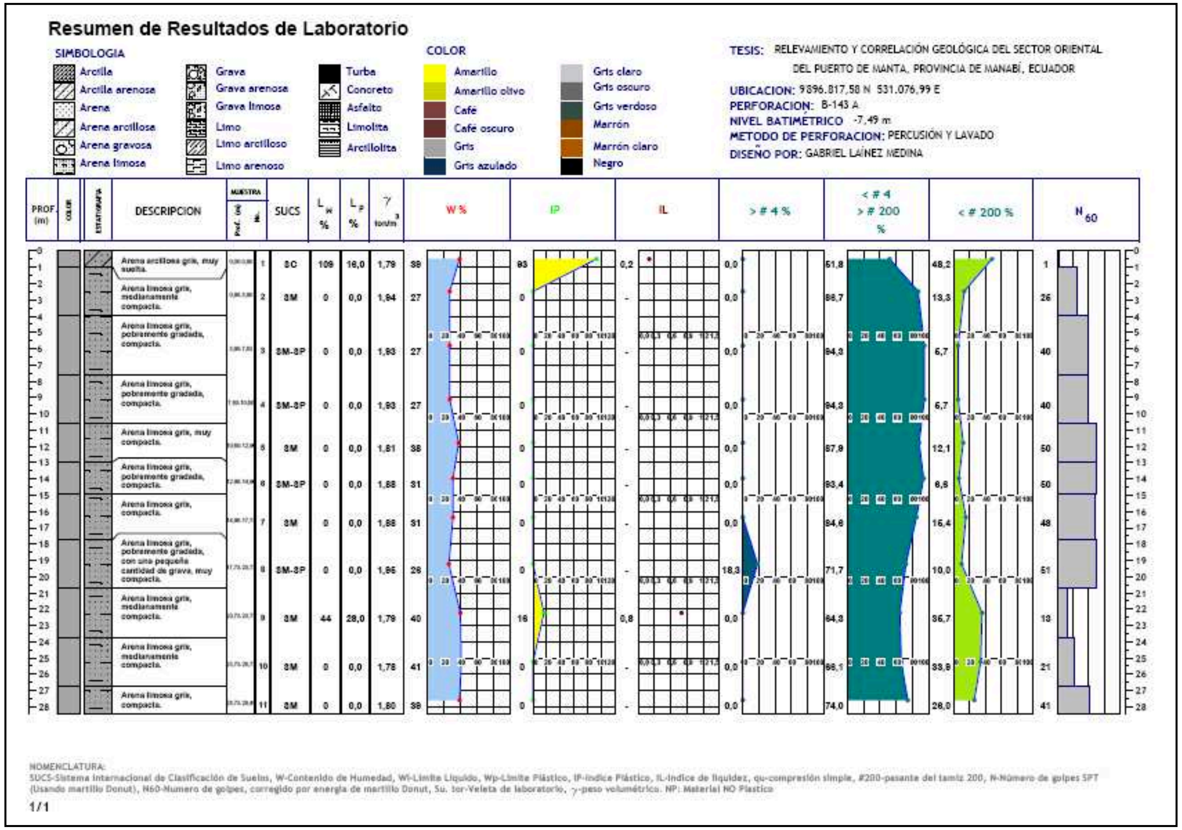


Sondeo B-140 (1/1)

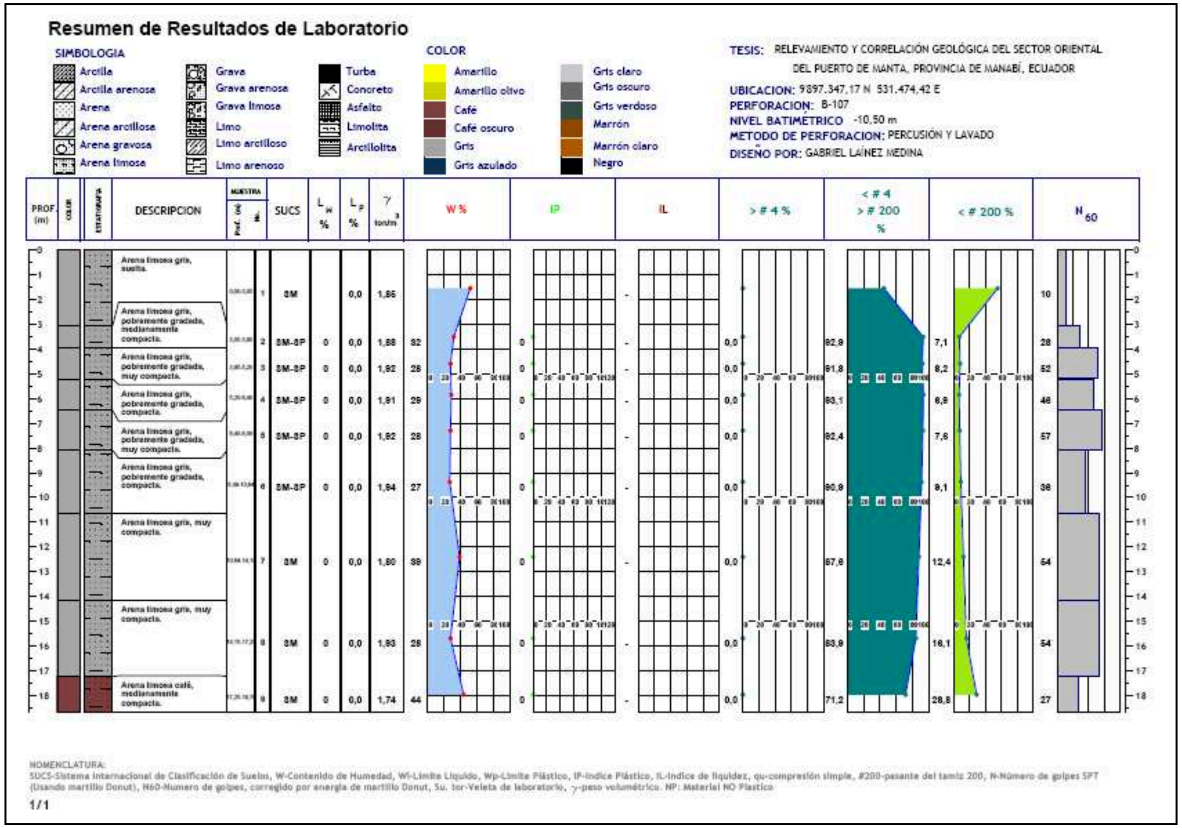


DESCRIPCION	No.	SUCS	L_W %	L_P %	γ ton/m^3	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
Arcilla gris oscura, con algo de arena, blanda, de alta plasticidad.	1	CH	77	24,0	1,53	78	63	1,0	0,0	21,0	79,0	2
Arena limosa gris, pobremente gradada, medianamente compacta.	2	SM-SP	0	0,0	1,88	32	0	-	0,0	92,1	7,9	16
Arena gris, pobremente gradada, muy compacta.	3	SP	0	0,0	1,98	25	0	-	0,0	96,8	3,2	56
Arena gris, pobremente gradada, muy compacta.	4	SP	0	0,0	1,97	25	0	-	0,0	95,4	4,6	89
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	5	SM-SP	0	0,0	1,95	26	0	-	0,0	90,8	9,2	81
Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta.	6	SM-SP	0	0,0	2,01	22	0	-	0,0	93,8	6,2	30
Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta.	7	SM-SP	0	0,0	1,95	26	0	-	0,0	91,2	8,8	30
Arena limosa gris, compacta.	8	SM	0	0,0	1,90	30	0	-	0,0	86,1	13,9	49
Arcilla arenosa gris oscura, muy firme, de baja plasticidad.	9	CL	35	21,0	1,73	45	14	1,7	0,0	36,6	63,4	23
Arena arcillosa gris oscura, medianamente compacta.	10	SC	63	28,0	1,73	46	35	0,6	0,0	52,1	47,9	23
Arena limosa gris, medianamente compacta.	11	SM	59	31,0	1,83	36	28	0,2	0,0	62,3	37,4	11

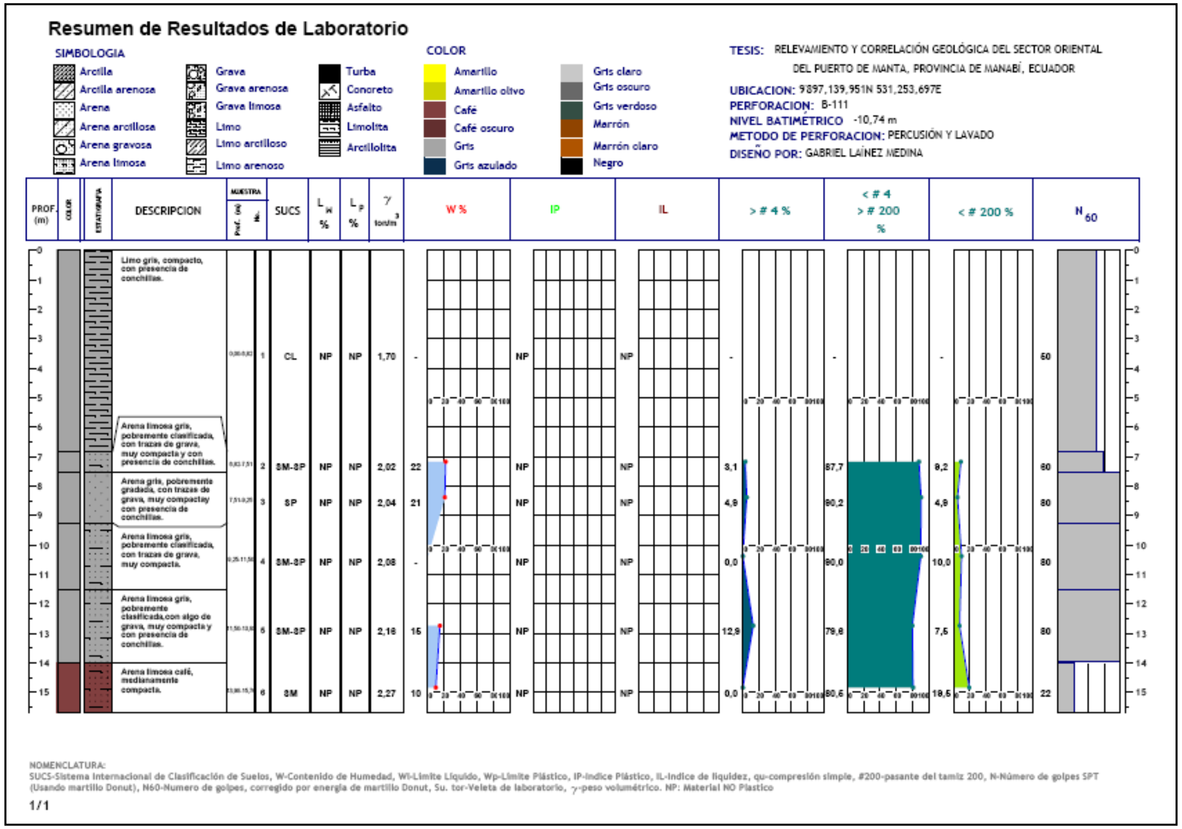
Sondeo B-141 (1/1)



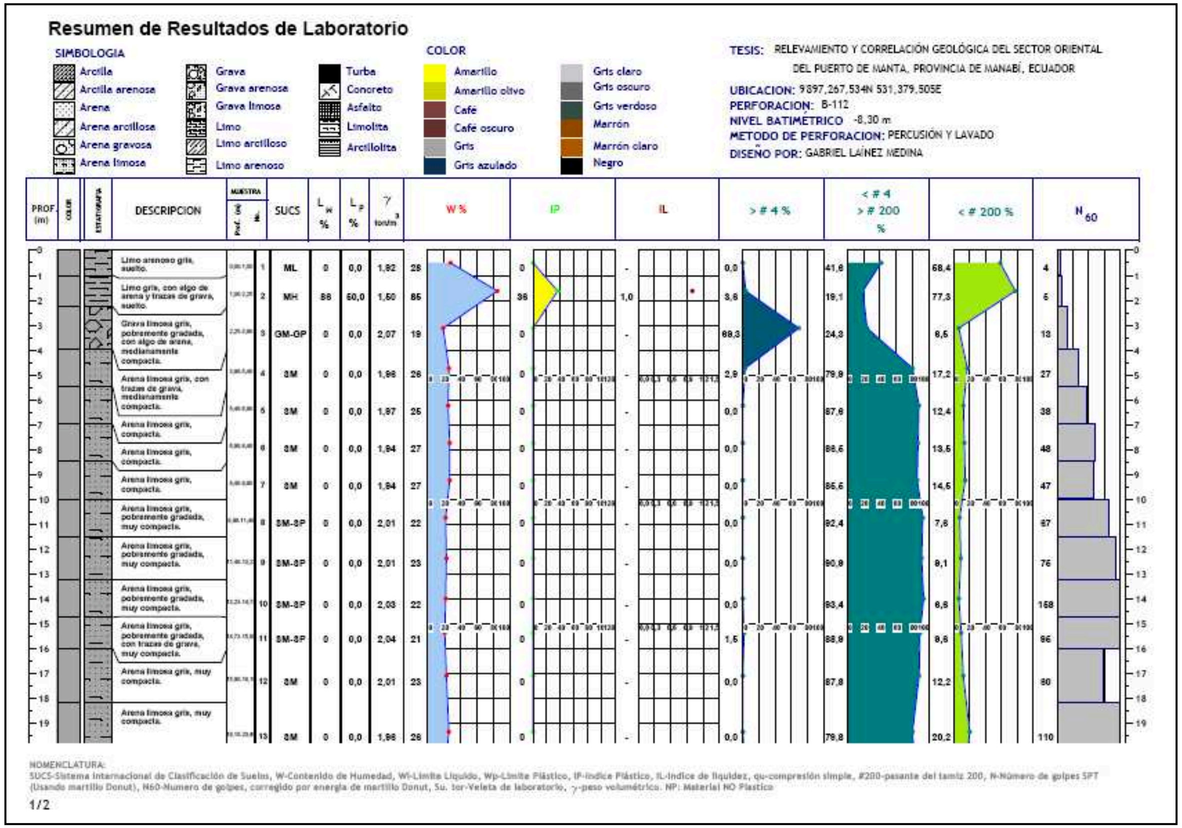
Sondeo B-145 A (1/1)



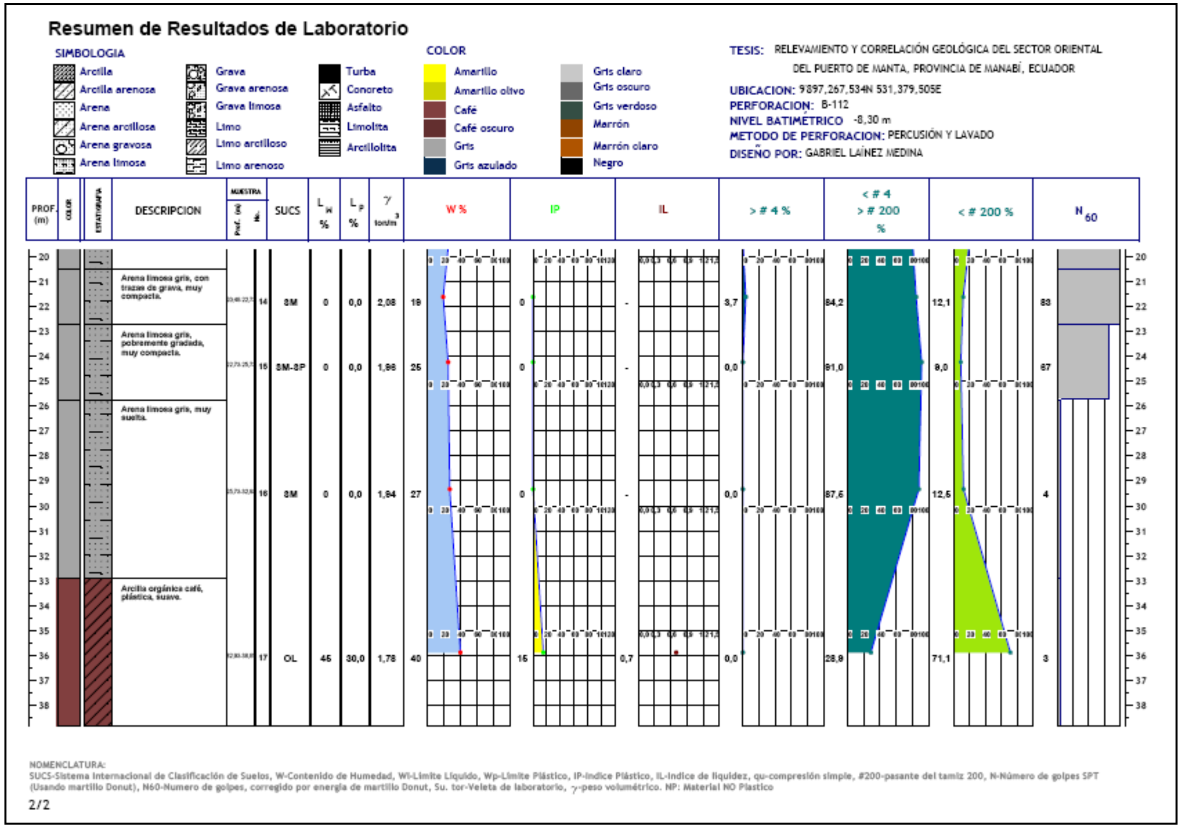
Sondeo B-107 (1/1)



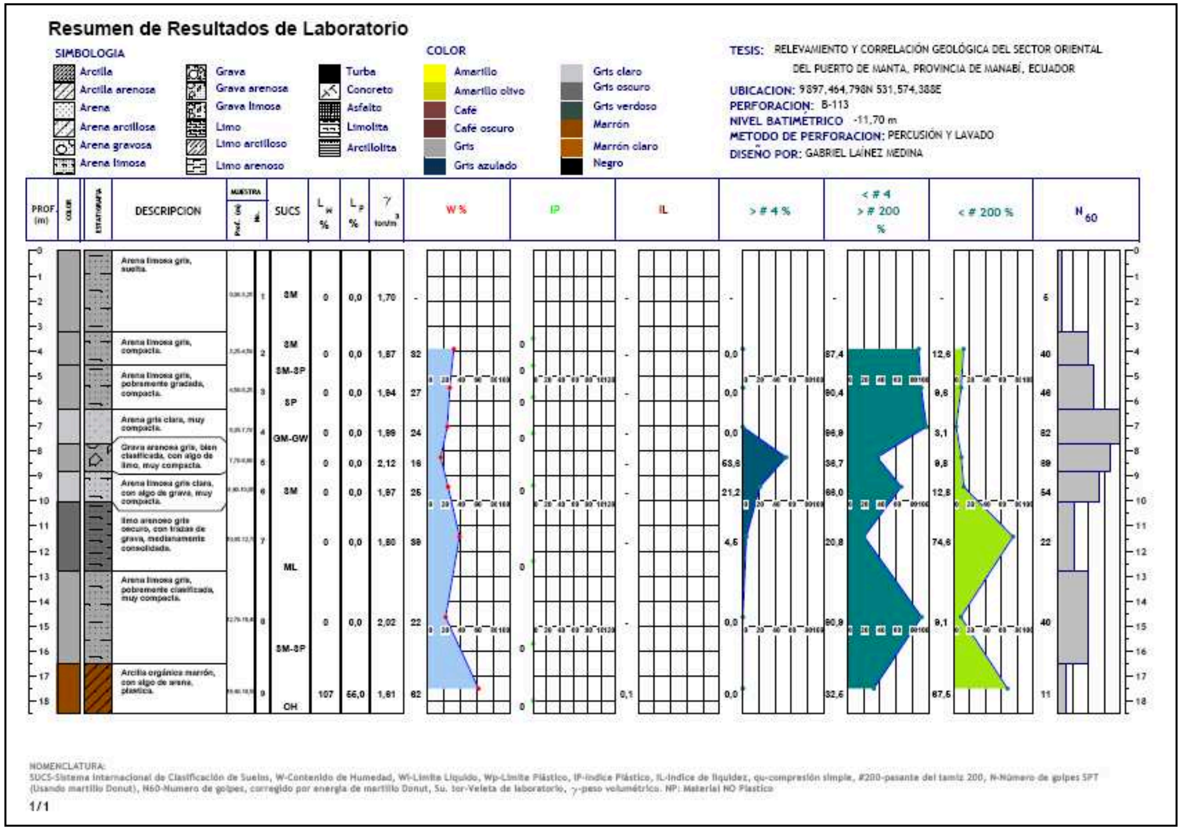
Sondeo B-111 (1/1)



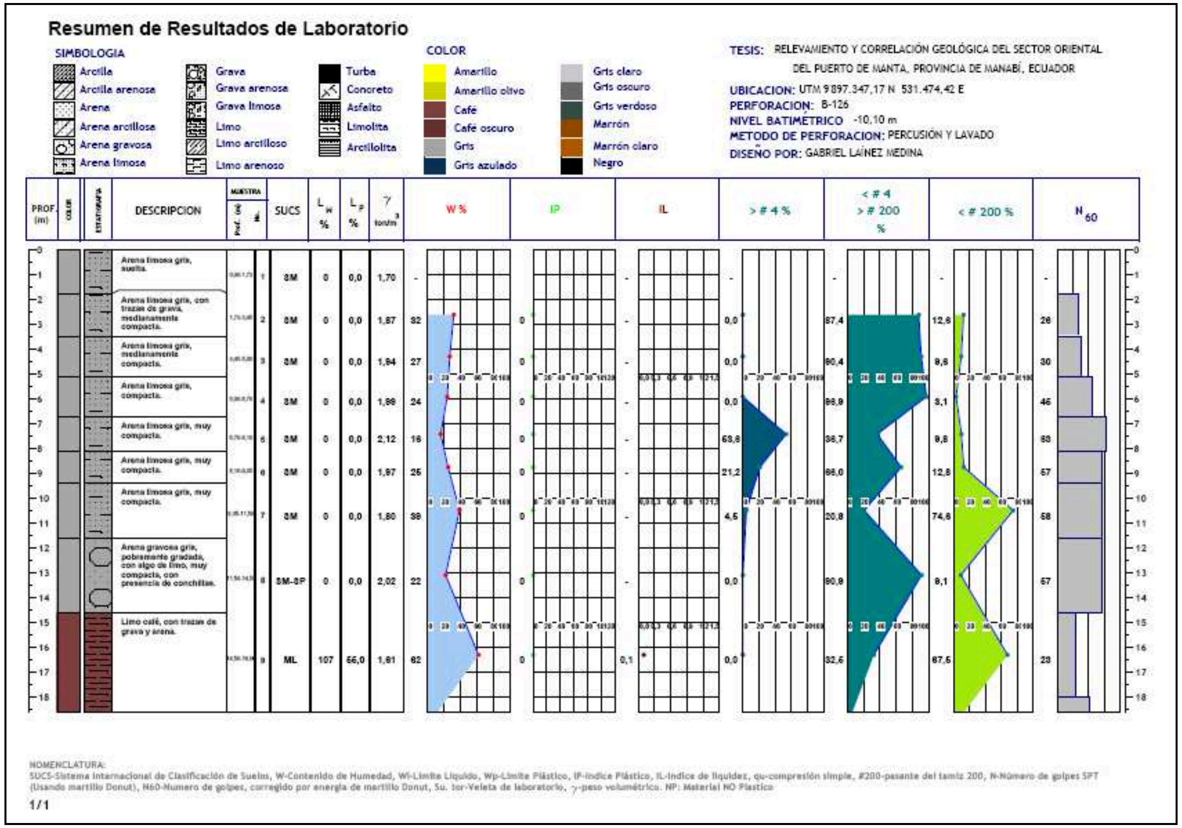
Sondeo B-112 (1/2)



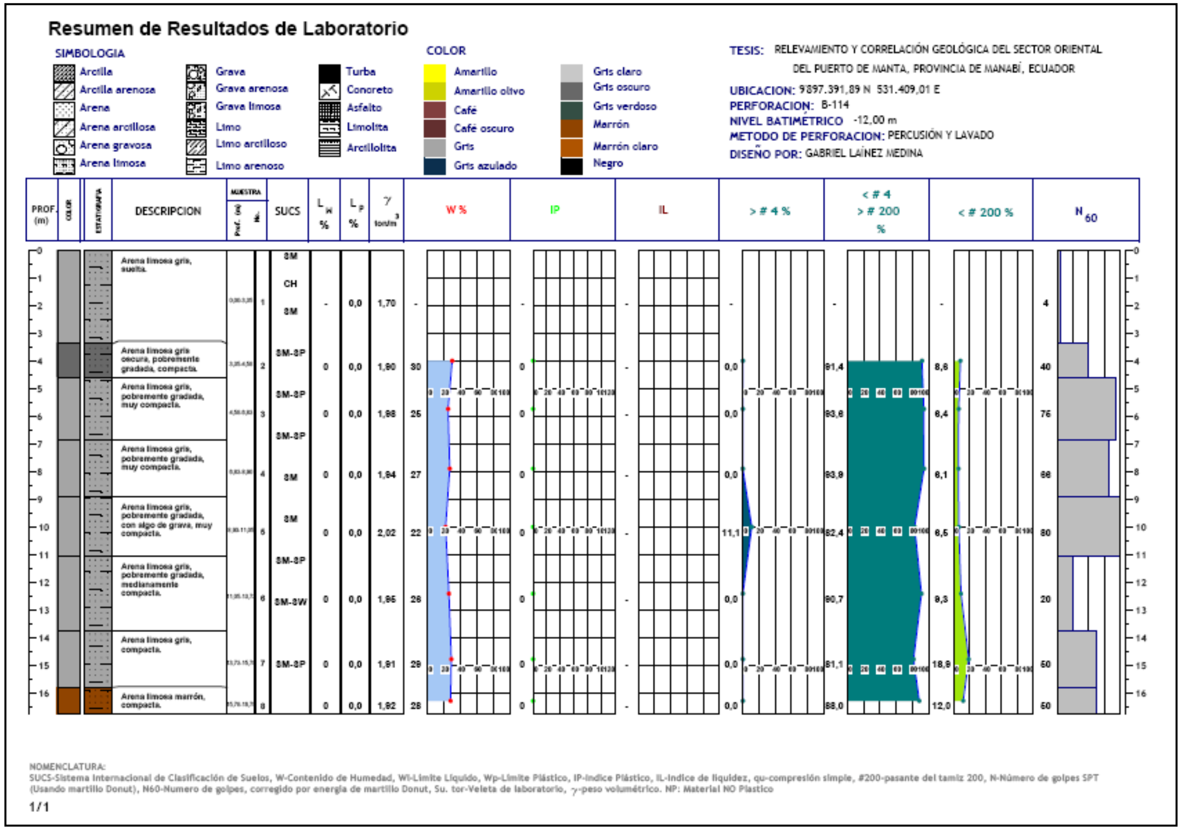
Sondeo B-112 (2/2)



Sondeo B-113 (1/1)



Sondeo B-126 (1/1)



Sondeo B-114 (1/1)

Resumen de Resultados de Laboratorio

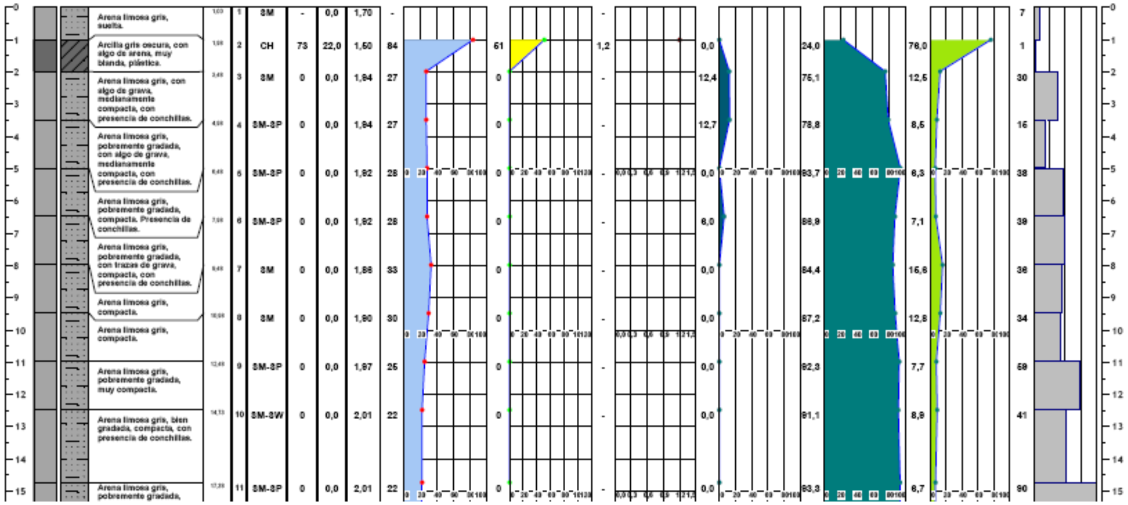
SIMBOLOGIA: Arcilla, Arcilla arenosa, Arena, Arena arcillosa, Arena gravosa, Arena limosa, Grava, Grava arenosa, Grava limosa, Limo, Limo arcilloso, Limo arenoso, Turba, Concreto, Asfalto, Limolita, Arcillolita

COLOR: Amarillo, Amarillo olivo, Café, Café oscuro, Gris, Gris azulado, Gris claro, Gris oscuro, Gris verdoso, Marrón, Marrón claro, Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR
UBICACION: 9897.251,31 N 531.291,05 E
PERFORACION: B-115
NIVEL BATIMETRICO -7,10 m
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

DESCRIPCION:
- Arena limosa gris, suelta.
- Arcilla gris oscura, con algo de arena, muy blanda, plástica.
- Arena limosa gris, con algo de grava, medianamente compacta, con presencia de conchillas.
- Arena limosa gris, pobremente gradada, con algo de grava, medianamente compacta, con presencia de conchillas.
- Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta. Presencia de conchillas.
- Arena limosa gris, pobremente gradada, con trazas de grava, compacta, con presencia de conchillas.
- Arena limosa gris, compacta.
- Arena limosa gris, compacta.
- Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.
- Arena limosa gris, bien gradada, compacta, con presencia de conchillas.
- Arena limosa gris, pobremente gradada,

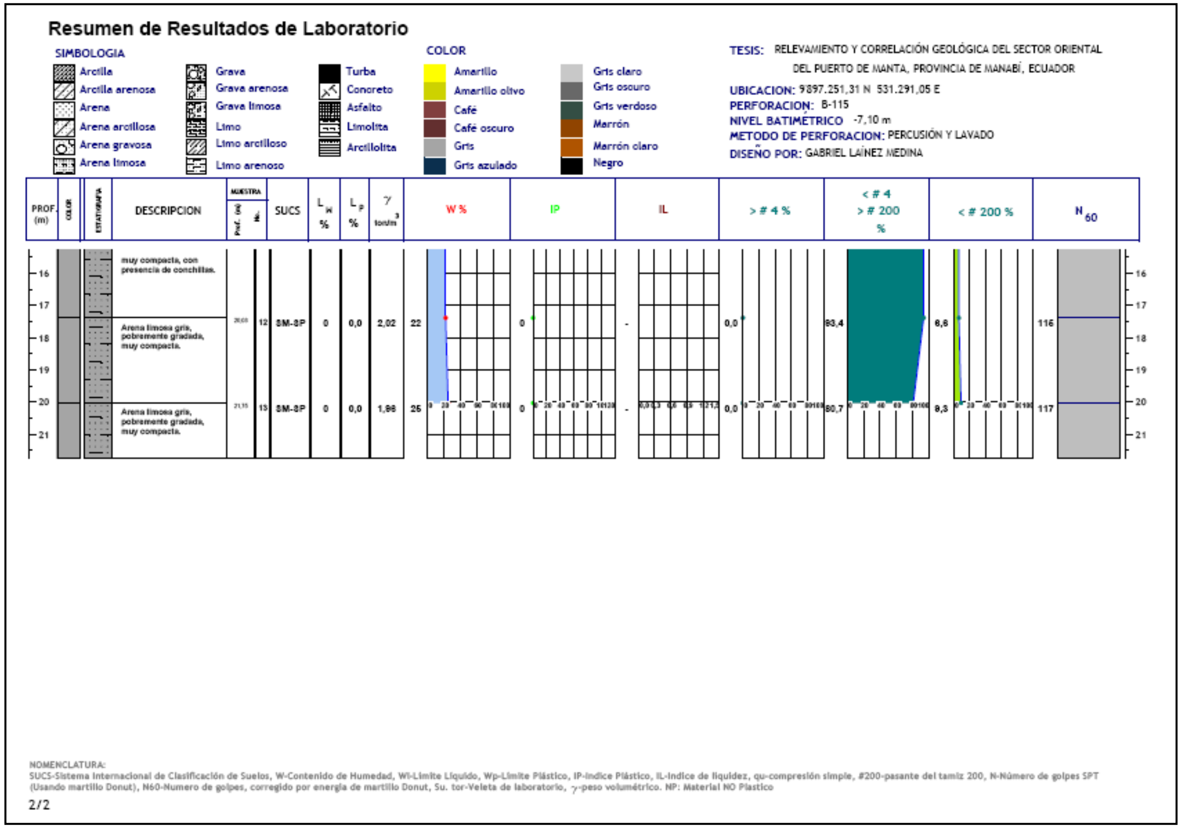
Muestra Nº	SUCS	L_w %	L_p %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
1	SM	-	0,0	1,70	-		-				7
2	CH	73	22,0	1,50	84	61	1,2	0,0	24,0	76,0	1
3	SM	0	0,0	1,84	27	0	-	12,4	75,1	12,5	30
4	SM-SP	0	0,0	1,84	27	0	-	12,7	78,8	8,5	16
5	SM-SP	0	0,0	1,82	28	0	-	0,0	93,7	6,3	38
6	SM-SP	0	0,0	1,82	28	0	-	6,0	86,9	7,1	39
7	SM	0	0,0	1,86	33	0	-	0,0	84,4	15,6	36
8	SM	0	0,0	1,90	30	0	-	0,0	87,2	12,8	34
9	SM-SP	0	0,0	1,87	25	0	-	0,0	92,3	7,7	59
10	SM-SW	0	0,0	2,01	22	0	-	0,0	91,1	8,9	41
11	SM-SP	0	0,0	2,01	22	0	-	0,0	93,3	6,7	90



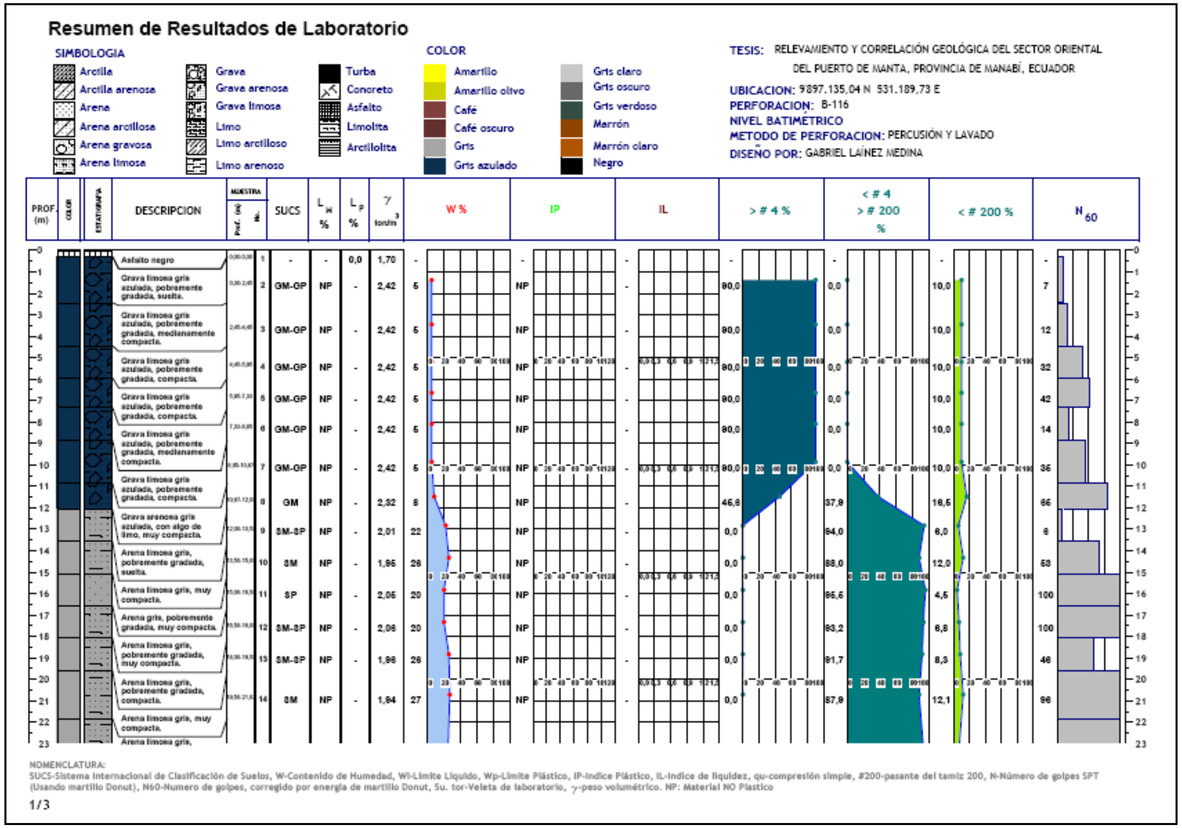
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Limite Liquido, Wp-Limite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

1/2

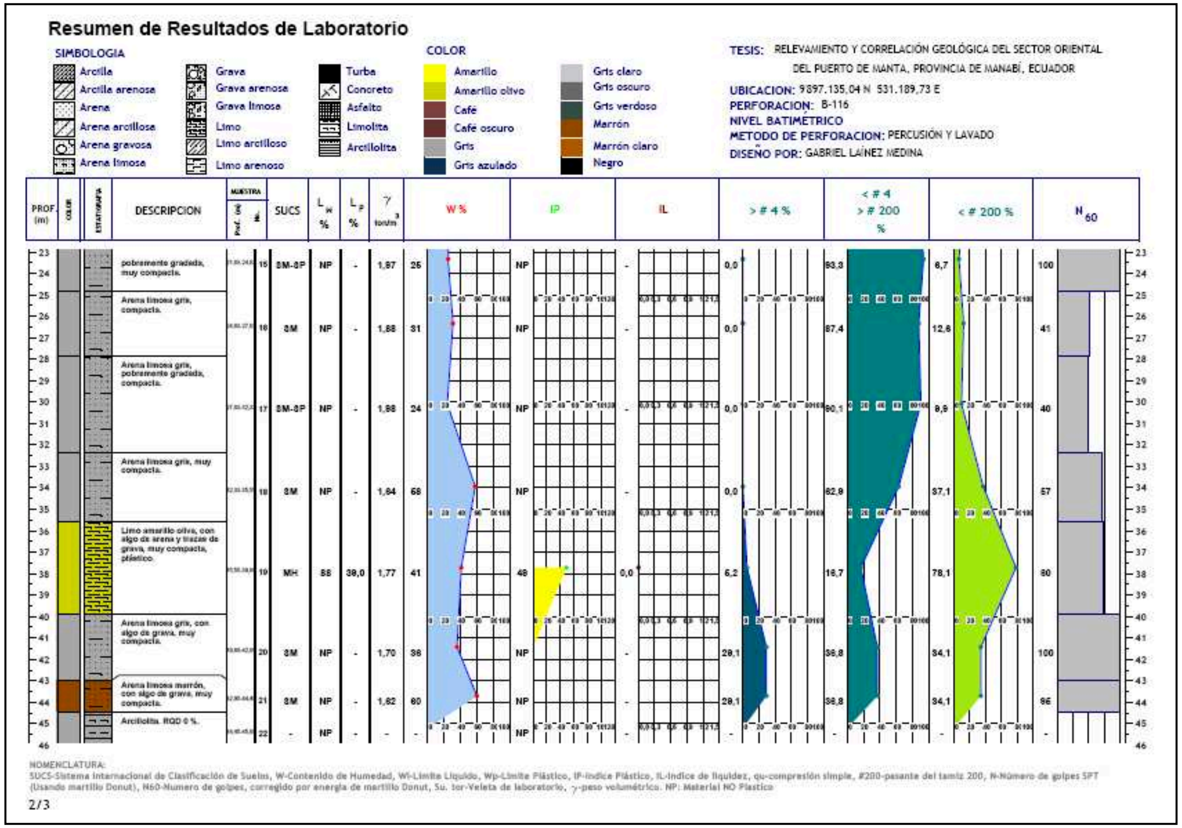
Sondeo B-115 (1/2)



Sondeo B-115 (2/2)



Sondeo B-116 (1/3)



Sondeo B-116 (2/3)

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA

Arcilla, Arcilla arenosa, Arena, Arena arcillosa, Arena gravosa, Arena limosa, Grava, Grava arenosa, Grava limosa, Limo, Limo arcilloso, Limo arenoso, Turba, Concreto, Asfalto, Limolita, Arcillolita

COLOR

Amarillo, Amarillo olivo, Café, Café oscuro, Gris, Gris azulado, Gris claro, Gris oscuro, Gris verdoso, Marrón, Marrón claro, Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

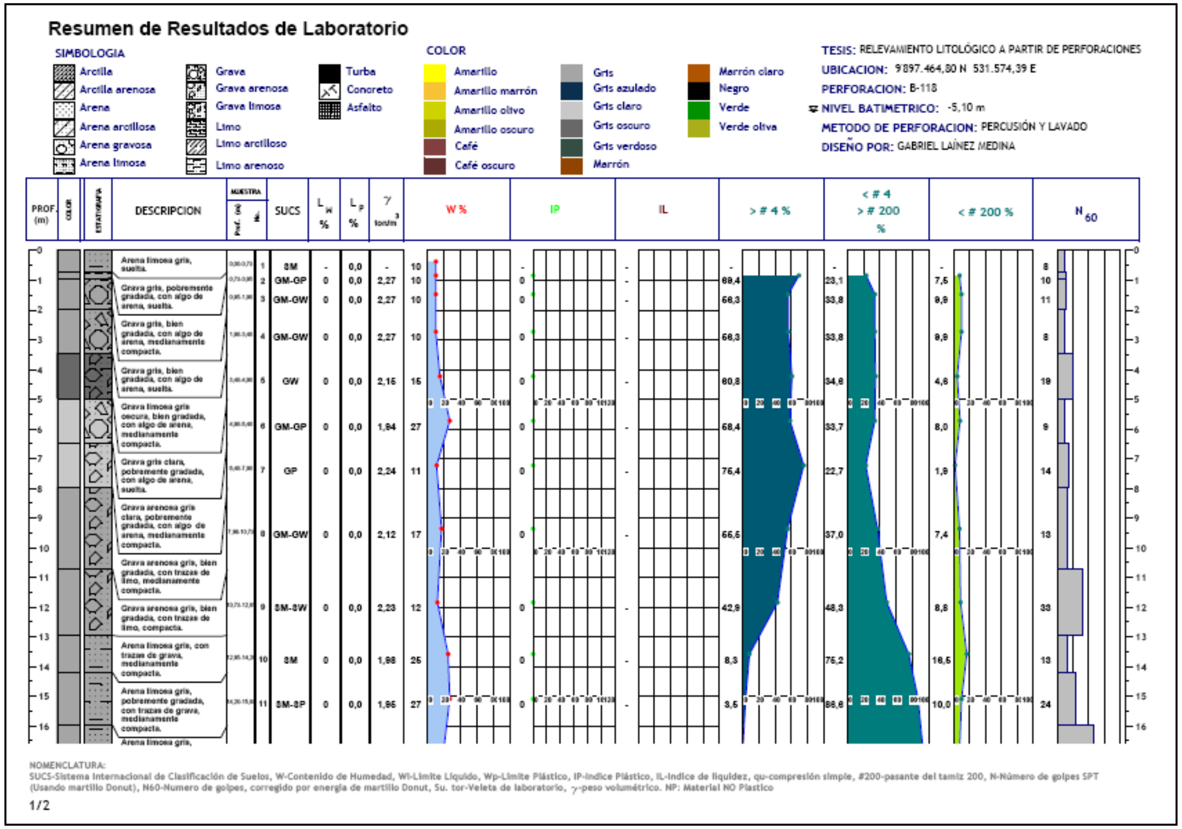
UBICACION: 9897.135,04 N 531.189,73 E
PERFORACION: B-116
NIVEL BATIMÉTRICO
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

PROF. (m)	COLOR	ESTATIGRAFIA	DESCRIPCION	MUESTRA Prof. (m)	MUESTRA No.	SUCS	L_W %	L_P %	γ ton/m^3	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
46–47,45			Arcillolita. RQD 12 %.	45,95-47,45	23	-	NP	-	-	-	NP	-	-	-	-	-
47,45–48,95			Arcillolita. RQD 0 %.	47,45-48,95	24	-	NP	-	-	-	NP	-	-	-	-	-
48,95–50,45			Arcillolita. RQD 13,3 %.	48,95-50,45	25	-	NP	-	-	-	NP	-	-	-	-	-
50,45–51,95			Arcillolita. RQD 43,3 %.	50,45-51,95	26	-	NP	-	-	-	NP	-	-	-	-	-
51,95–53,45			Arcillolita. RQD 46 %.	51,95-53,45	27	-	NP	-	-	-	NP	-	-	-	-	-

NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Límite Líquido, Wp-Límite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

3/3

Sondeo B-116 (3/3)



Sondeo B-118 (1/2)

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA

- Arcilla
- Arcilla arenosa
- Arena
- Arena arcillosa
- Arena gravosa
- Arena limosa
- Grava
- Grava arenosa
- Grava limosa
- Limo
- Limo arcilloso
- Limo arenoso
- Turba
- Concreto
- Asfalto

COLOR

- Amarillo
- Amarillo marrón
- Amarillo olivo
- Amarillo oscuro
- Café
- Café oscuro
- Gris
- Gris azulado
- Gris claro
- Gris oscuro
- Gris verdoso
- Marrón
- Marrón claro
- Negro
- Verde
- Verde oliva

TESIS: RELEVAMIENTO LITOLÓGICO A PARTIR DE PERFORACIONES
UBICACION: 9'897.464,80 N 531.574,39 E
PERFORACION: B-118
NIVEL BATIMETRICO: -5,10 m
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

DESCRIPCION	MUESTRA Prof. (m)	MUESTRA #	SUCS	L_w %	L_p %	γ ton/m^3	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
pobremente gradada, compacta.	[illegible]	12	SM-SP	0	0,0	2,05	20	0	-	0,0	92,4	7,6	46
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	[illegible]	13	SM-SP	0	0,0	2,00	23	0	-	0,0	91,1	8,9	56
Arena gris, pobremente gradada, compacta.	[illegible]	14	SP	0	0,0	1,83	28	0	-	0,0	100,0	0,0	48
Arena limosa gris, medianamente compacta.	[illegible]	15	SM	0	0,0	1,80	38	0	-	0,0	80,0	20,0	17
Arena limosa gris, compacta.	[illegible]	16	SM	0	0,0	1,86	33	0	-	0,0	80,7	19,3	31
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	[illegible]	17	SM-SP	0	0,0	1,97	25	0	-	0,0	90,4	9,6	77
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	[illegible]	18	SM-SP	0	0,0	1,99	24	0	-	0,0	91,8	8,2	80
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	[illegible]	19	SM-SP	0	0,0	1,96	26	0	-	0,0	90,6	9,5	70

NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Límite Liquido, Wp-Límite Plástico, IP-Índice Plástico, IL-Índice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

2/2

Sondeo B-118 (2/2)

Resumen de Resultados de Laboratorio

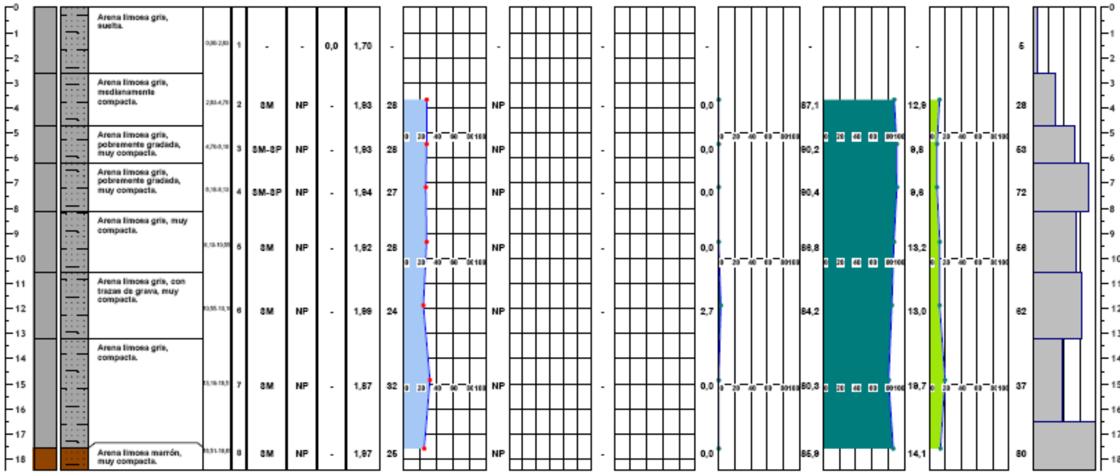
SIMBOLOGIA: Arcilla, Arcilla arenosa, Arena, Arena arcillosa, Arena gravosa, Arena limosa, Grava, Grava arenosa, Grava limosa, Limo, Limo arcilloso, Limo arenoso, Turba, Concreto, Asfalto, Limolita, Arcillolita

COLOR: Amarillo, Amarillo olivo, Café, Café oscuro, Gris, Gris azulado, Gris claro, Gris oscuro, Gris verdoso, Marrón, Marrón claro, Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

UBICACION: 9897.616,86 N 531.572,16 E
PERFORACION: B-125
NIVEL BATIMÉTRICO -12,20 m
METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

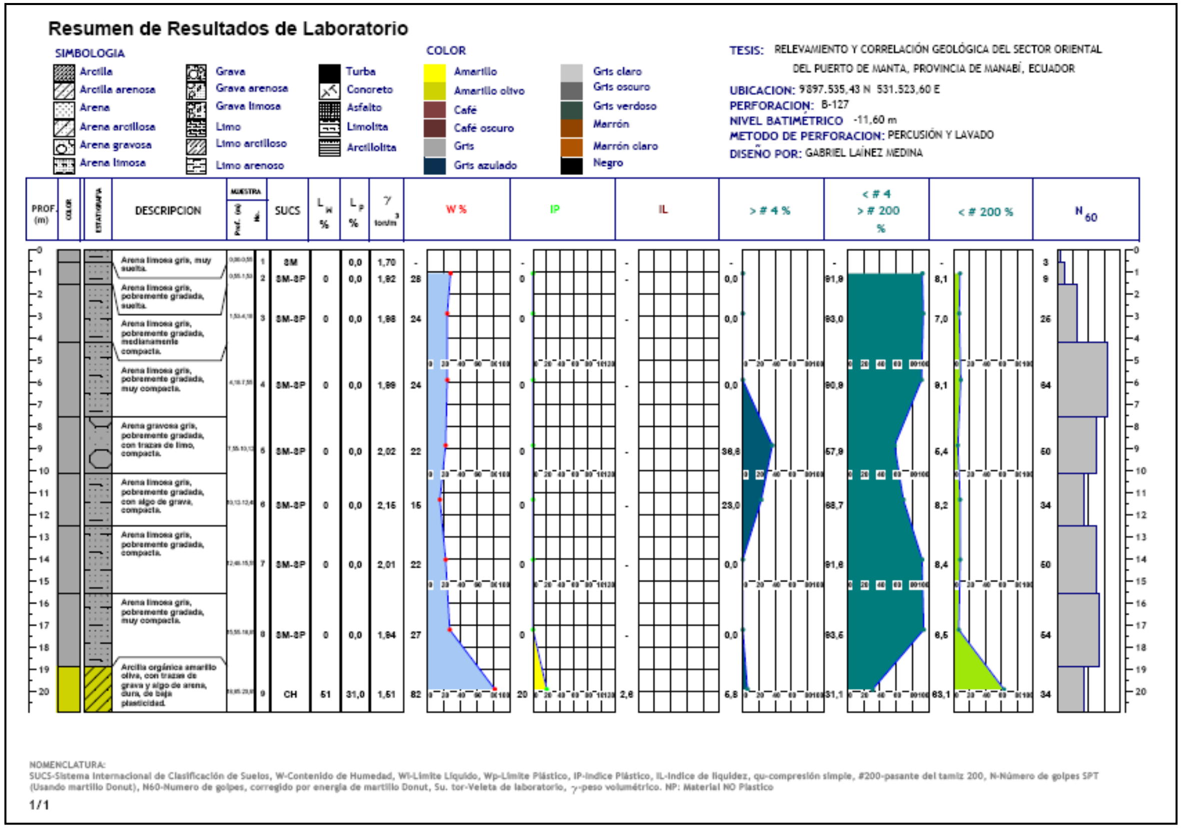
DESCRIPCION	Muestra Prof. (m)	Muestra No.	SUCS	L_w %	L_p %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
Arena limosa gris, suelta.	0,00-2,83	1	-	-	0,0	1,70	-	-	-	-	-	-	6
Arena limosa gris, medianamente compacta.	2,83-4,70	2	SM	NP	-	1,93	28	NP	-	0,0	87,1	12,9	28
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	4,70-6,18	3	SM-SP	NP	-	1,93	28	NP	-	0,0	90,2	9,8	53
Arena limosa gris, pobremente gradada, muy compacta.	[illegible]	4	SM-SP	NP	-	1,94	27	NP	-	0,0	90,4	9,6	72
Arena limosa gris, muy compacta.	[illegible]	5	SM	NP	-	1,92	28	NP	-	0,0	86,8	13,2	56
Arena limosa gris, con trazas de grava, muy compacta.	[illegible]	6	SM	NP	-	1,89	24	NP	-	2,7	84,2	13,0	62
Arena limosa gris, compacta.	[illegible]	7	SM	NP	-	1,87	32	NP	-	0,0	80,3	19,7	37
Arena limosa marrón, muy compacta.	[illegible]	8	SM	NP	-	1,87	25	NP	-	0,0	85,9	14,1	80



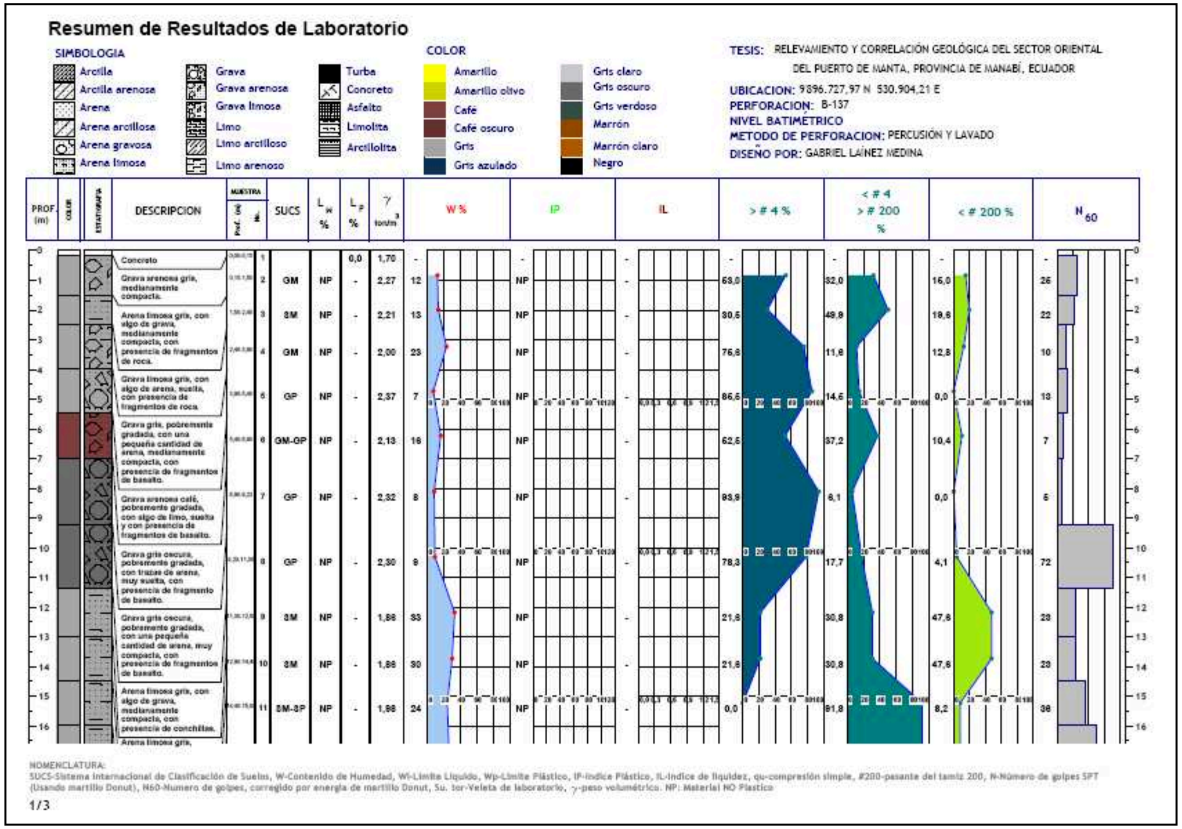
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Limite Liquido, Wp-Limite Plástico, IP-Indice Plástico, IL-Indice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energia de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

1/1

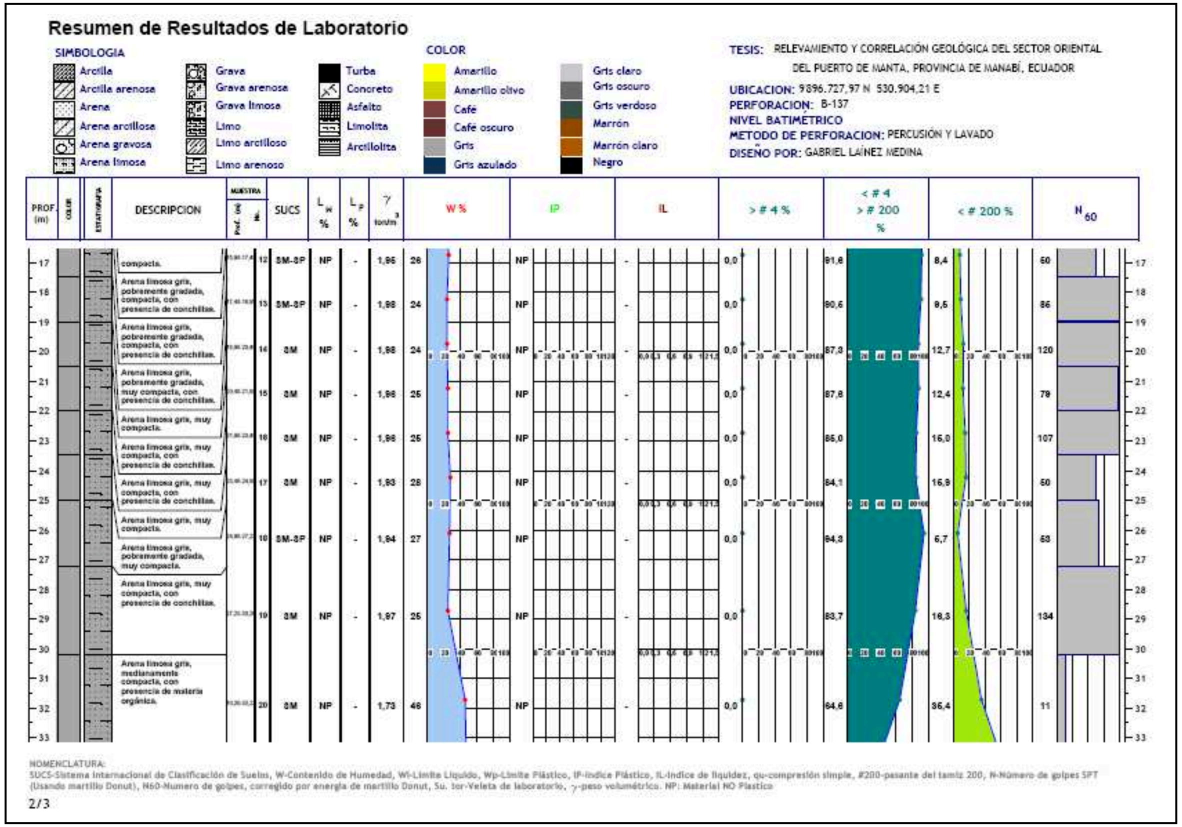
Sondeo B-125 (1/1)



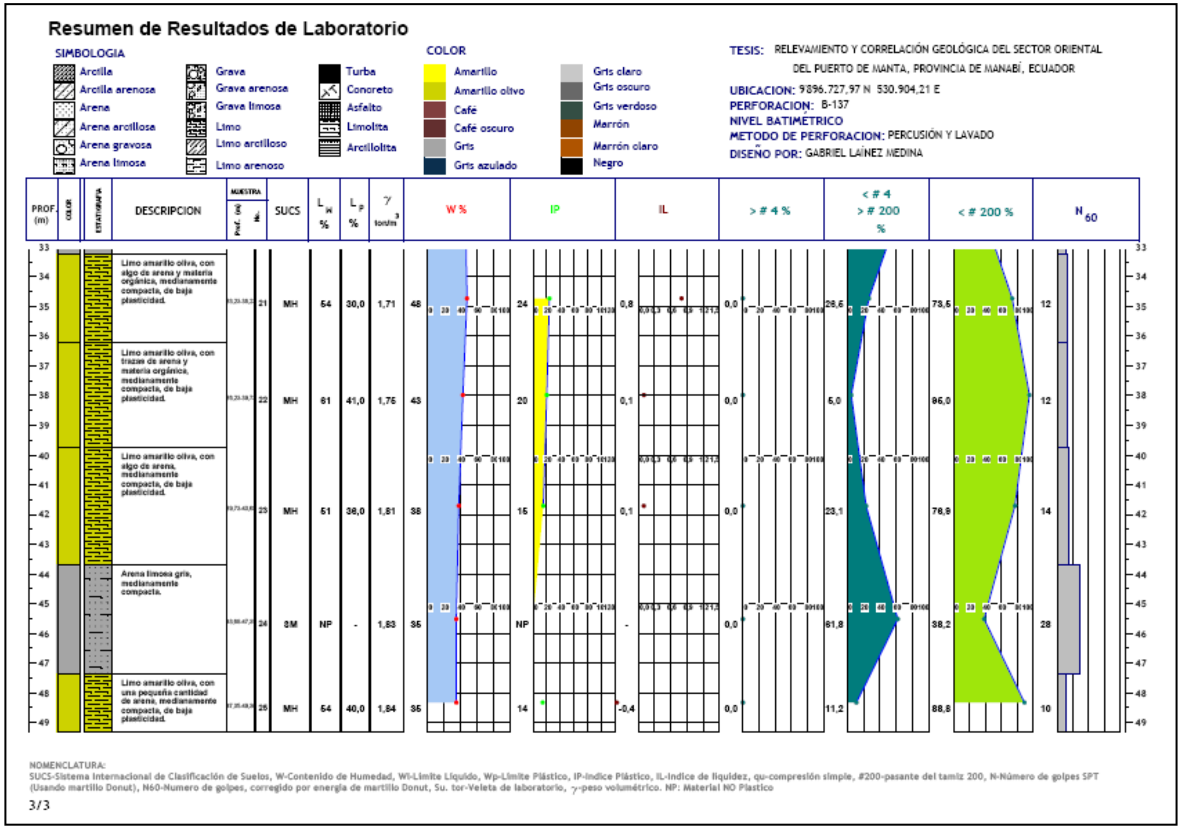
Sondeo B-127 (1/1)



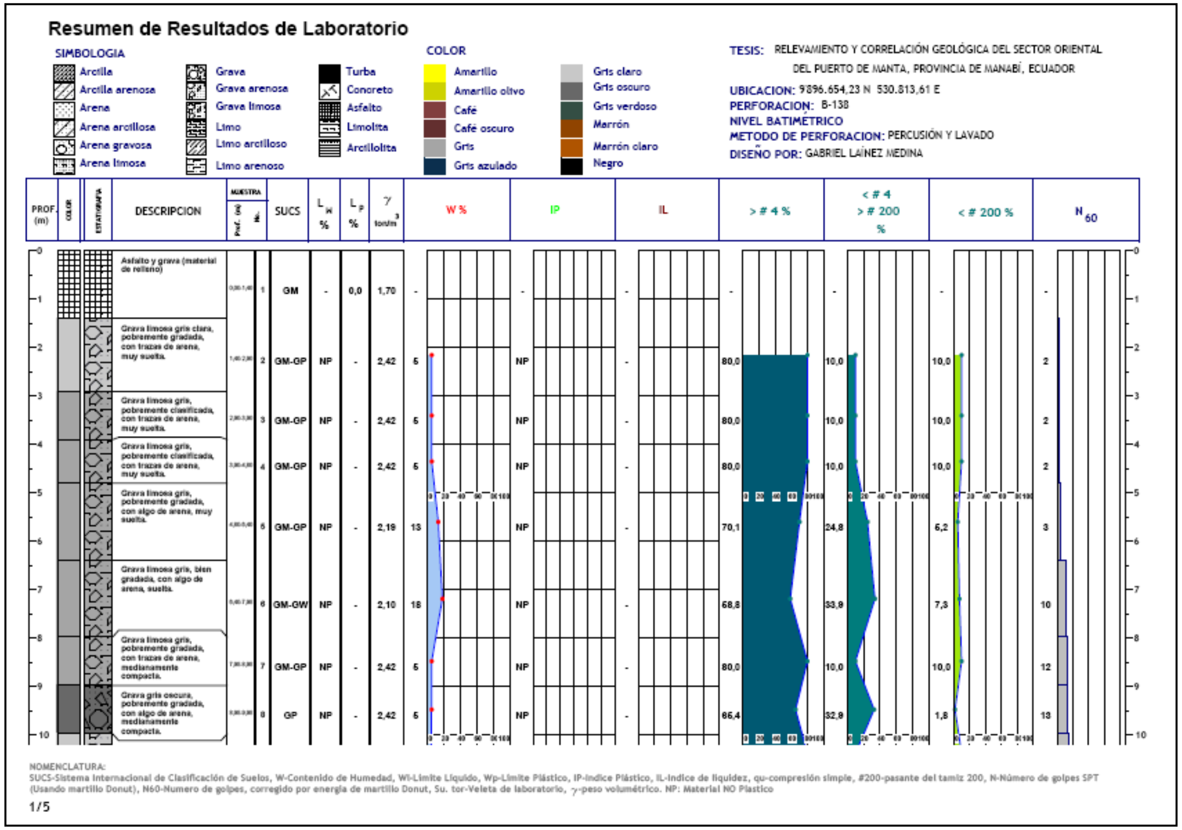
Sondeo B-137 (1/3)



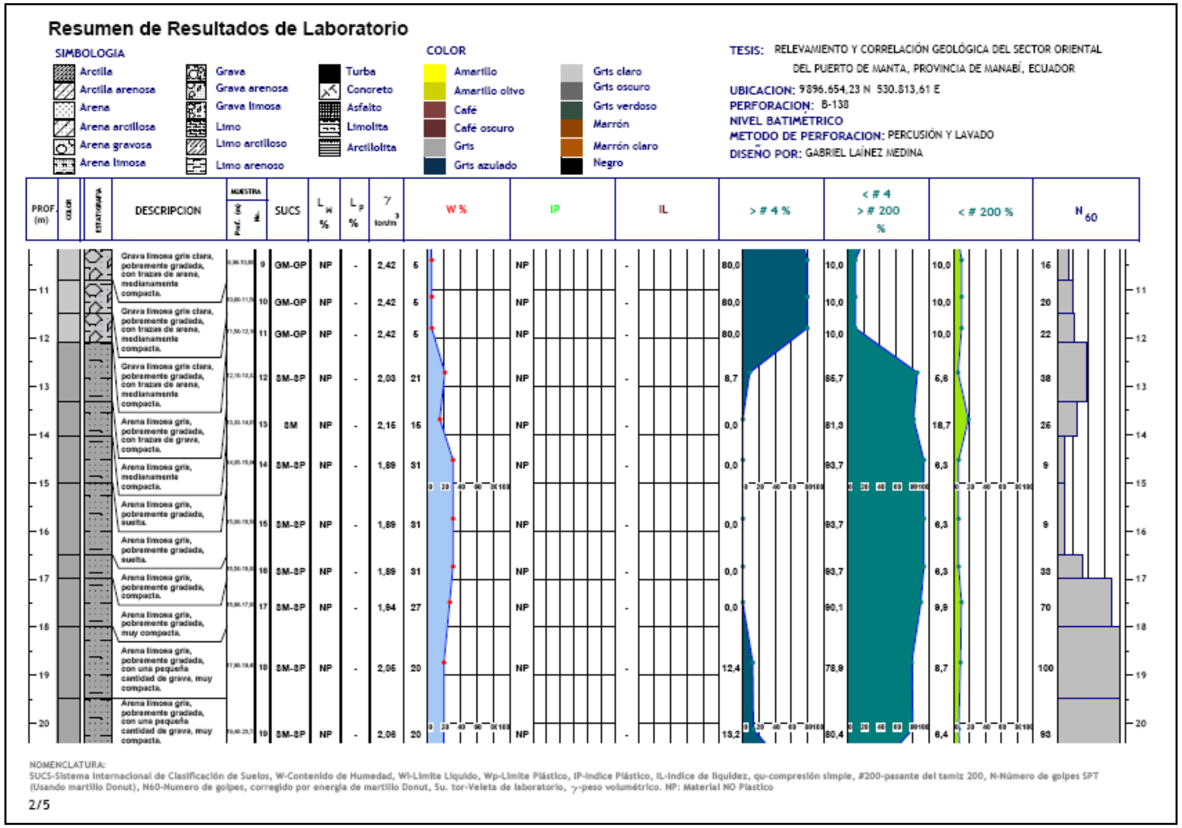
Sondeo B-137 (2/3)



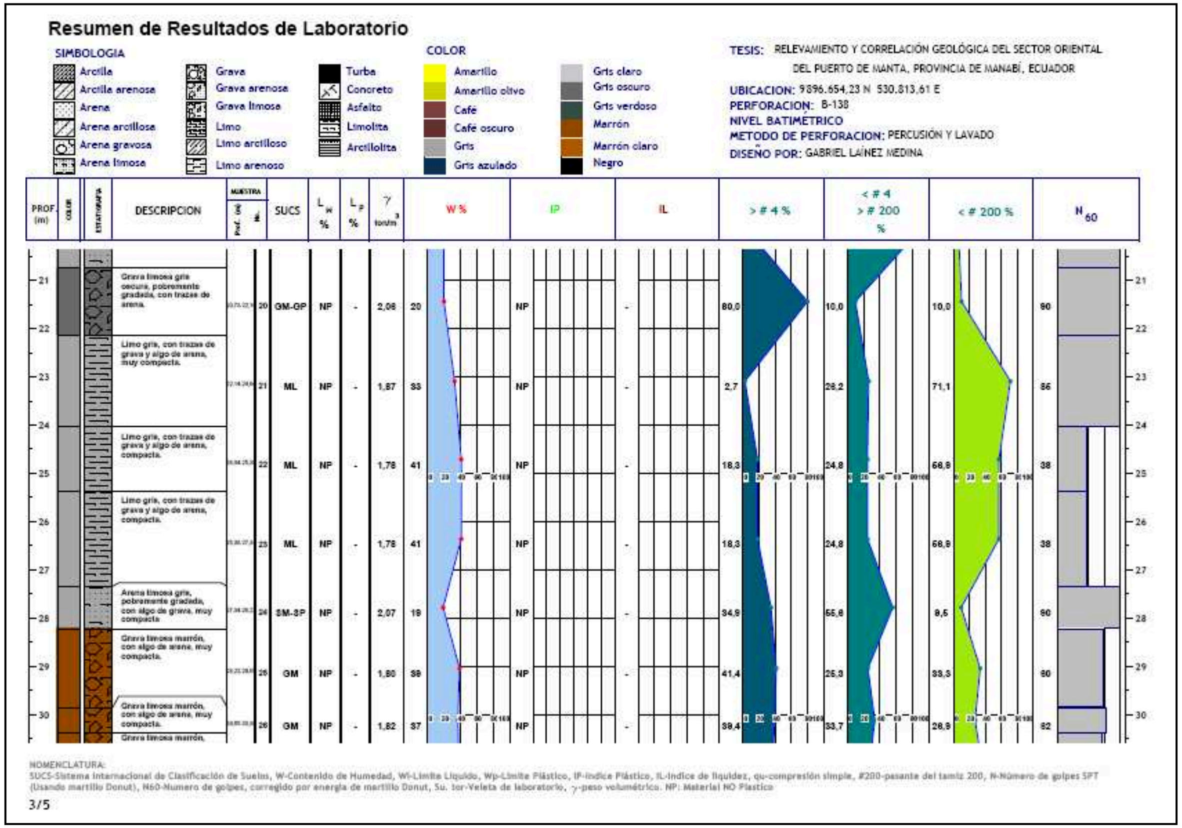
Sondeo B-137 (3/3)



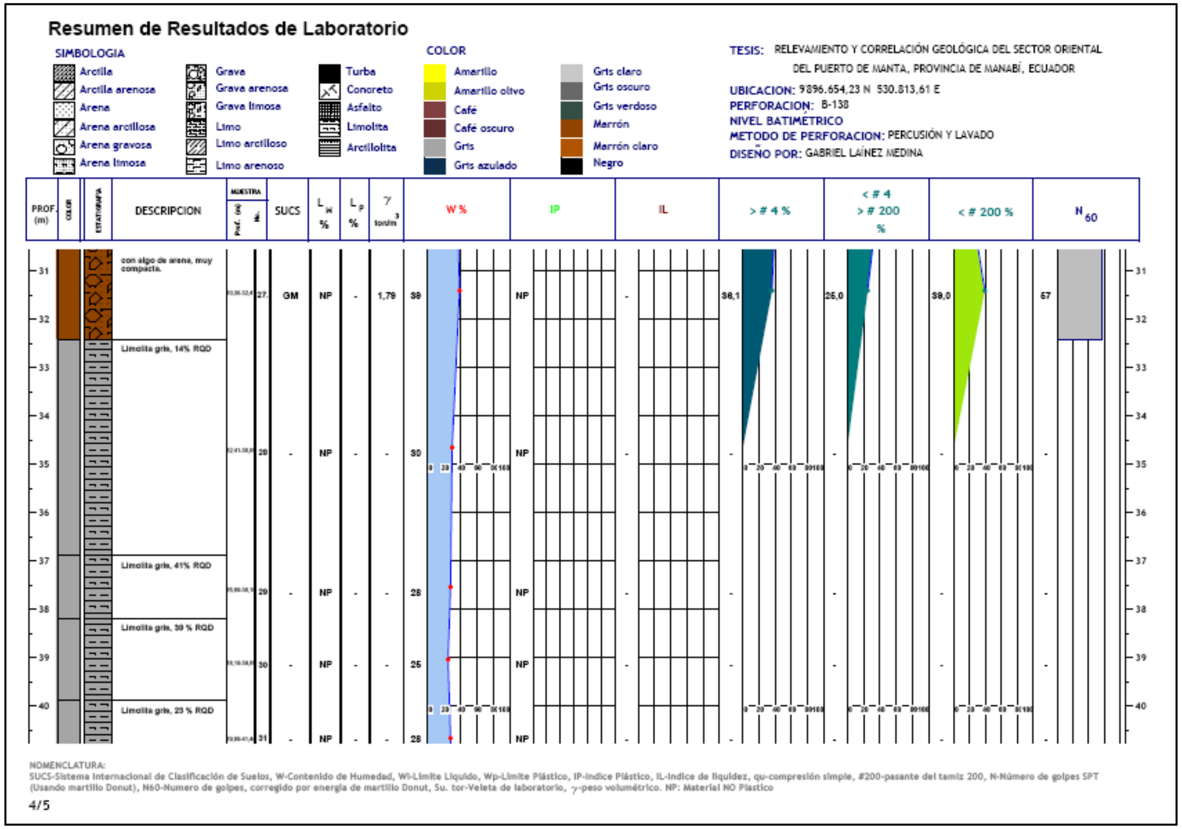
Sondeo B-138 (1/5)



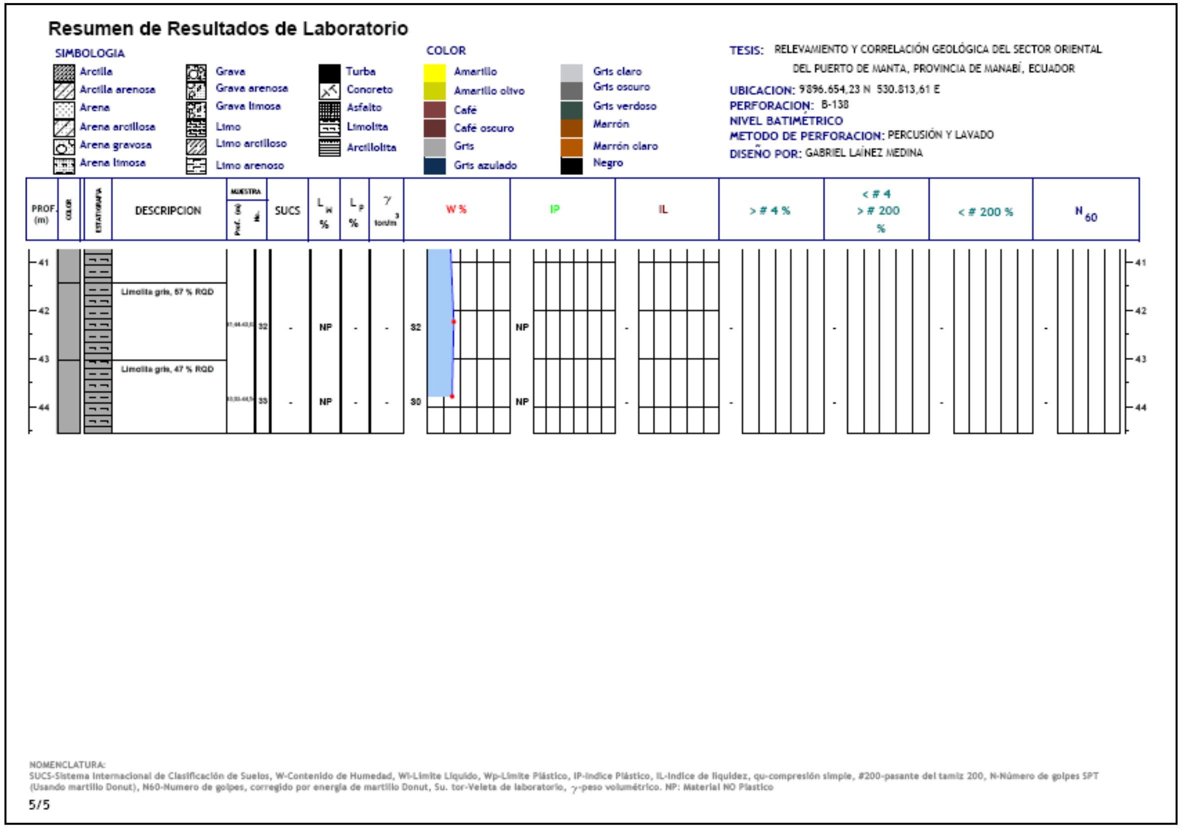
Sondeo B-138 (2/5)



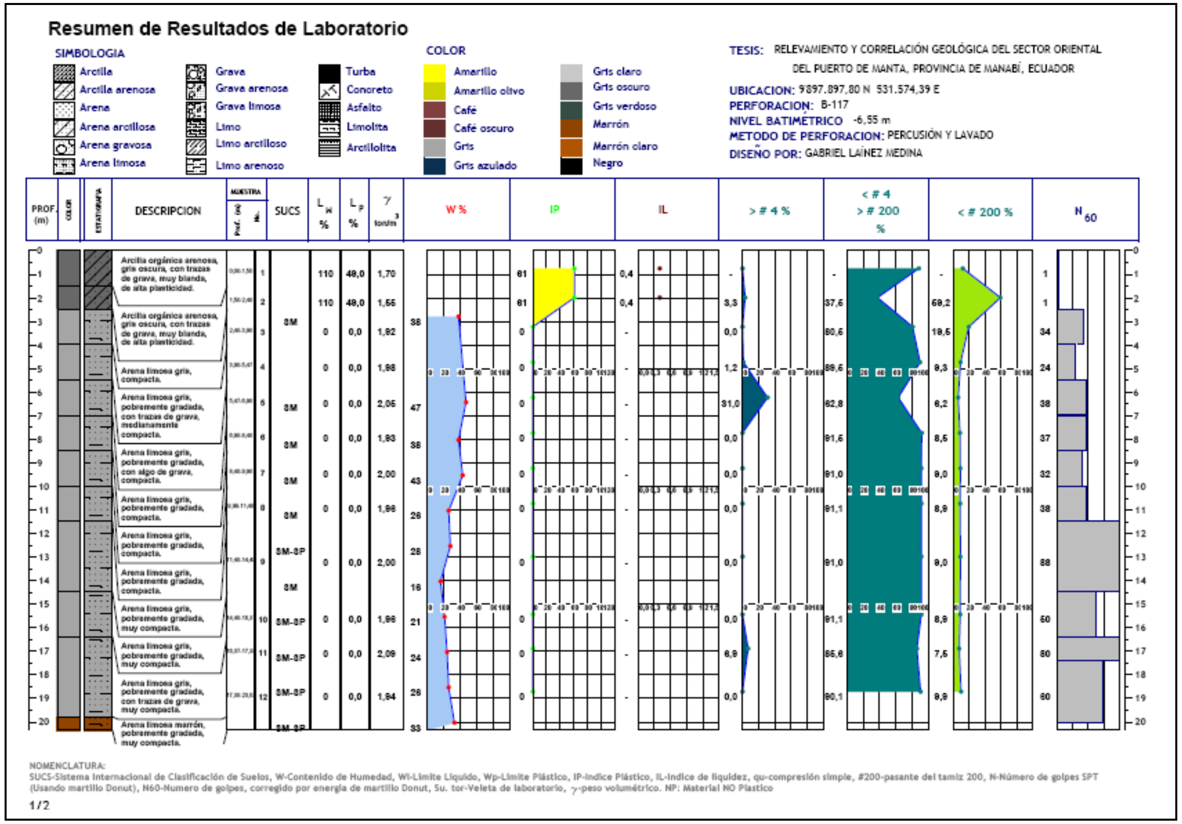
Sondeo B-138 (3/5)



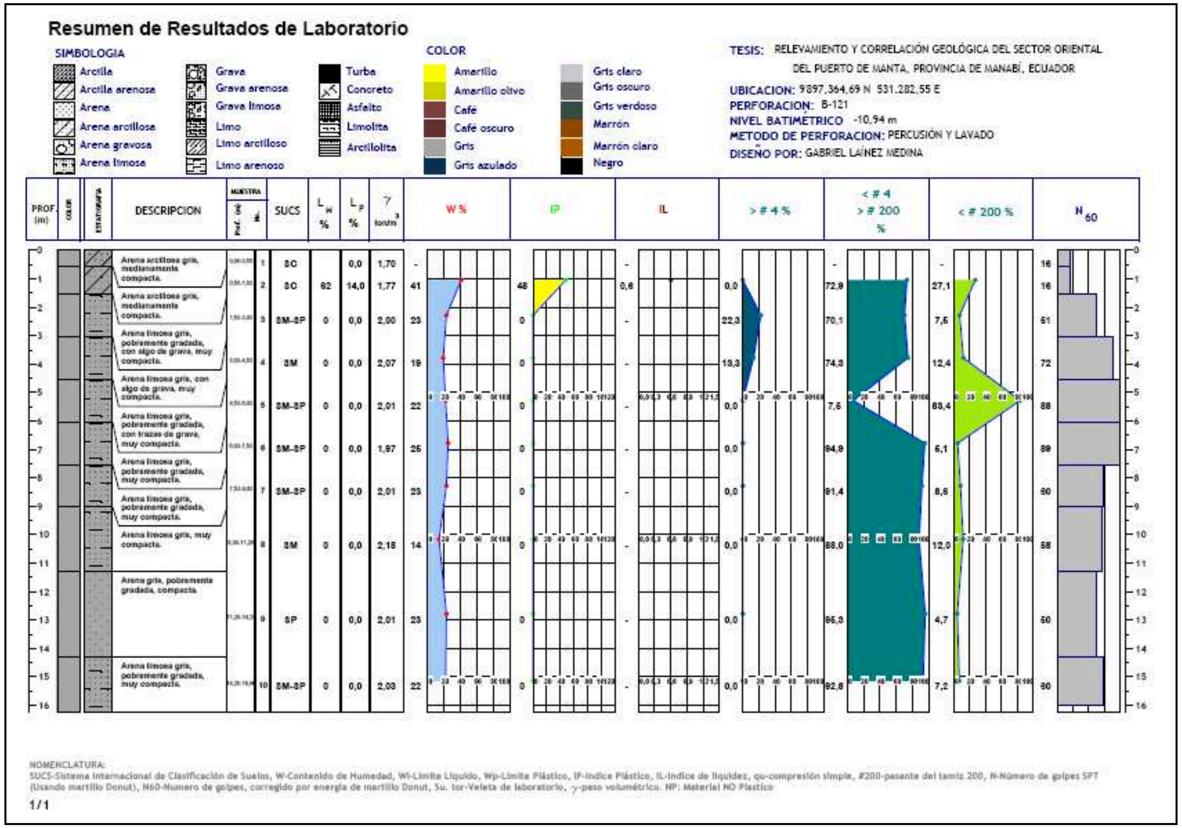
Sondeo B-138 (4/5)



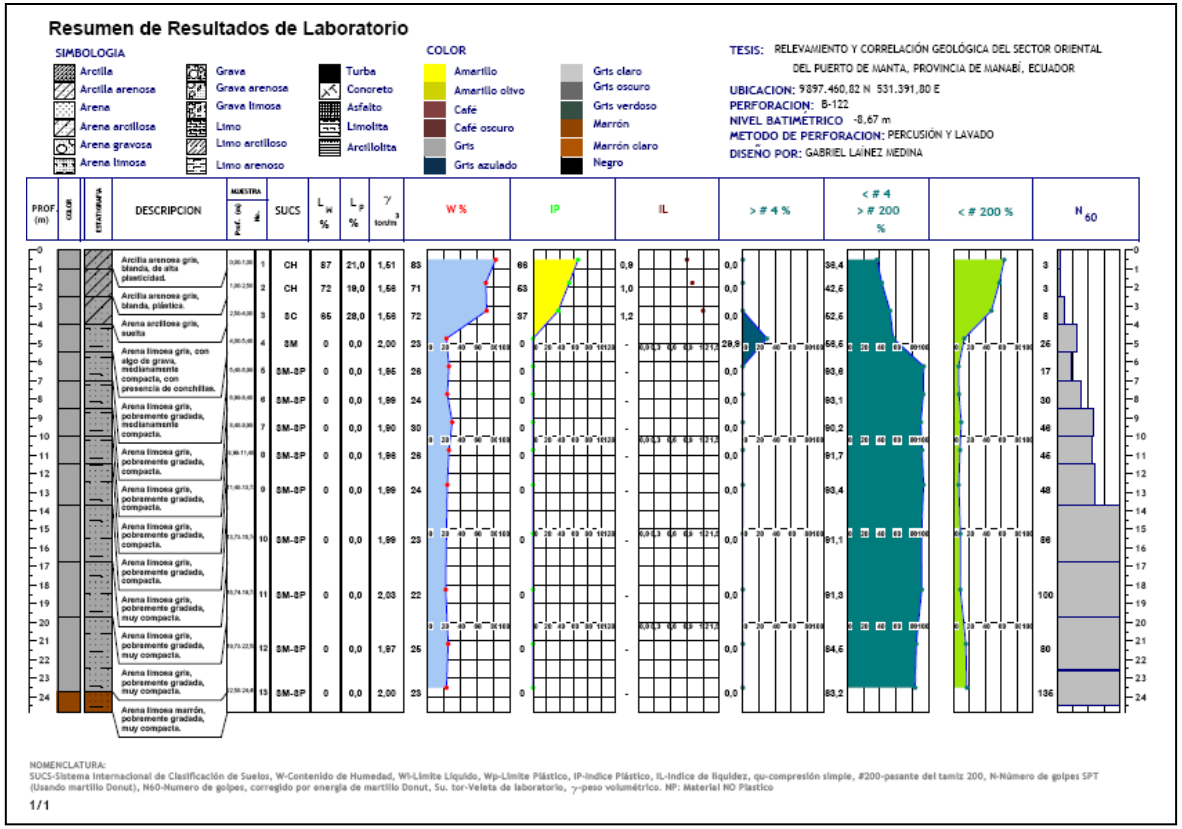
Sondeo B-138 (5/5)



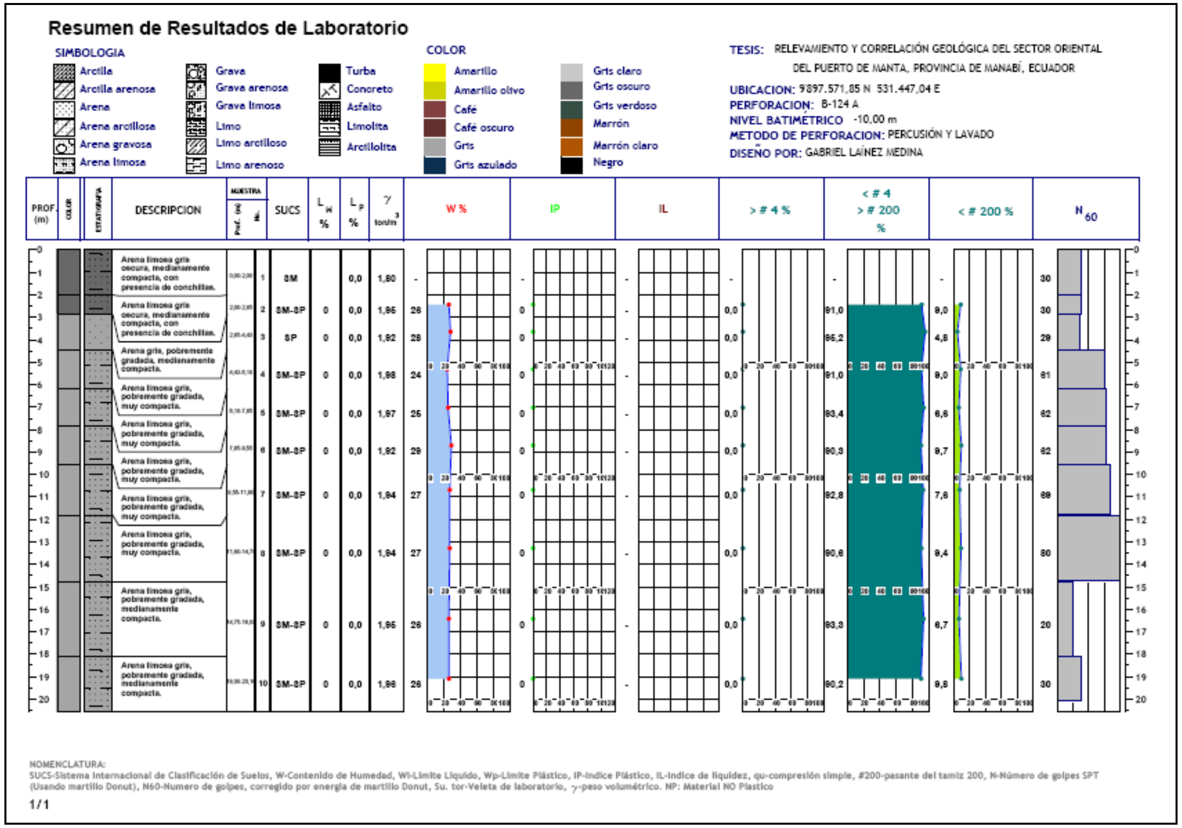
Sondeo B-117 (1/1)



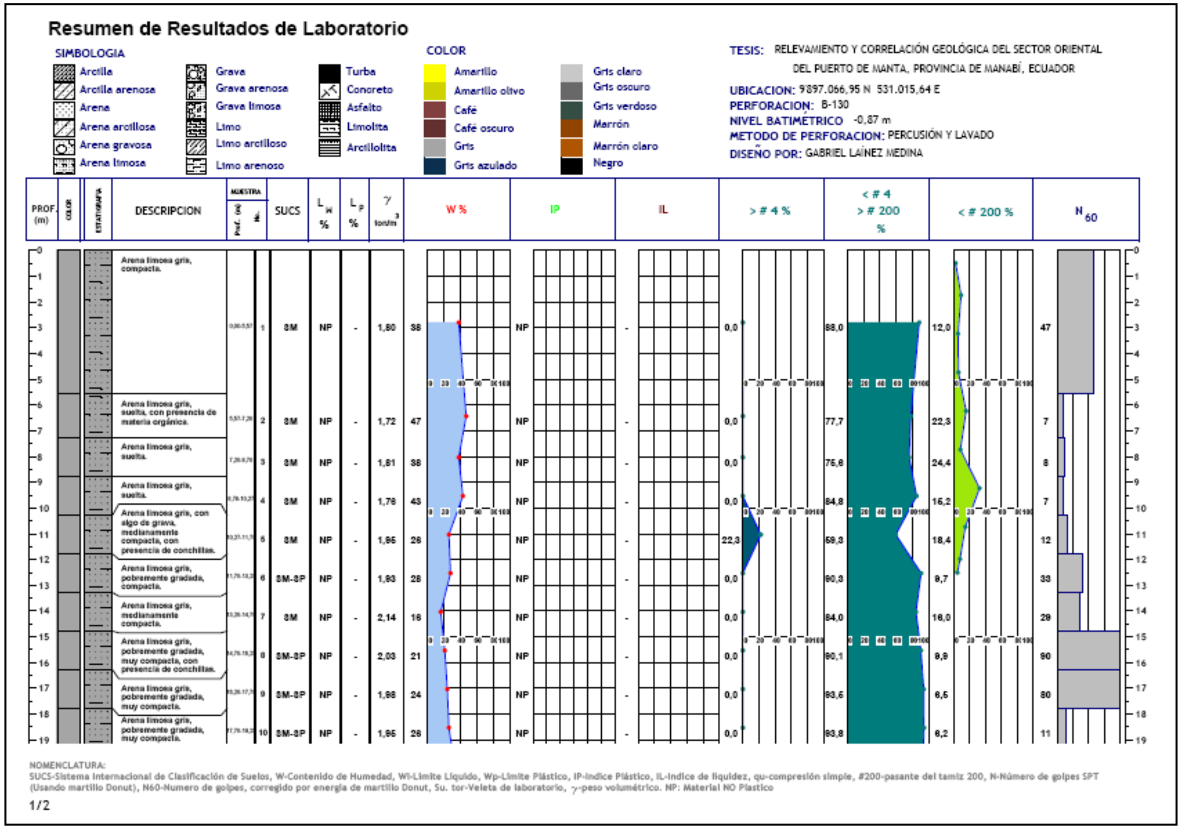
Sondeo B-121 (1/1)



Sondeo B-122 (1/1)



Sondeo B-124 A (1/1)



Sondeo B-130 (1/2)

Resumen de Resultados de Laboratorio

SIMBOLOGIA

Arcilla, Arcilla arenosa, Arena, Arena arcillosa, Arena gravosa, Arena limosa, Grava, Grava arenosa, Grava limosa, Limo, Limo arcilloso, Limo arenoso, Turba, Concreto, Asfalto, Limolita, Arcillolita

COLOR

Amarillo, Amarillo olivo, Café, Café oscuro, Gris, Gris azulado, Gris claro, Gris oscuro, Gris verdoso, Marrón, Marrón claro, Negro

TESIS: RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

UBICACION: 9'897.066,95 N 531.015,64 E

PERFORACION: B-130

NIVEL BATIMÉTRICO -0,87 m

METODO DE PERFORACION: PERCUSIÓN Y LAVADO

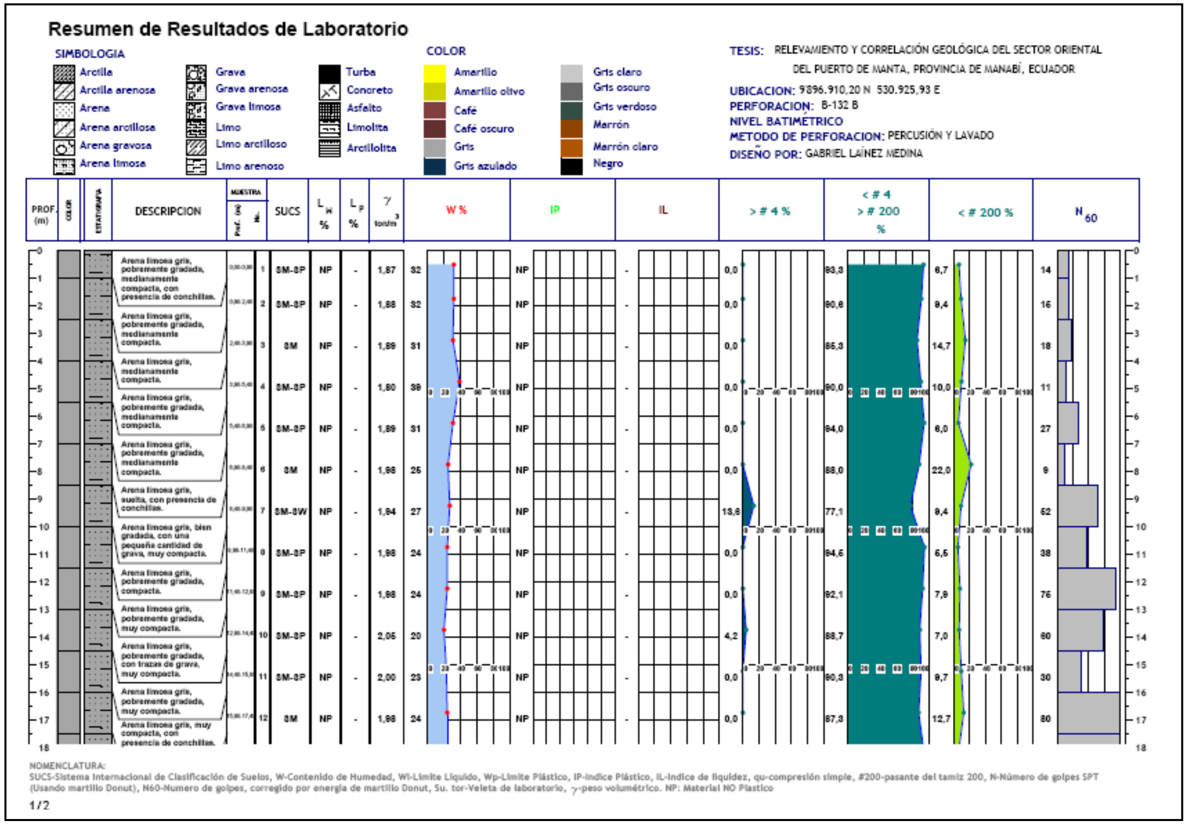
DISEÑO POR: GABRIEL LAÍNEZ MEDINA

PROF. (m)	DESCRIPCION	MUESTRA Prof. (m)	MUESTRA No.	SUCS	L_W %	L_P %	γ ton/m³	W %	IP	IL	> # 4 %	< # 4 > # 200 %	< # 200 %	N_{60}
19–22	Arena limosa gris, pobremente gradada, compacta, con presencia de materia orgánica.	[illegible]	11	SM-SP	NP	-	1,86	33	NP	-	0,0	92,7	7,3	36
22	Arena limosa marrón, pobremente gradada, muy compacta.	[illegible]	12	SM-SP	NP	-	1,86	25	NP	-	0,0	92,6	7,5	80

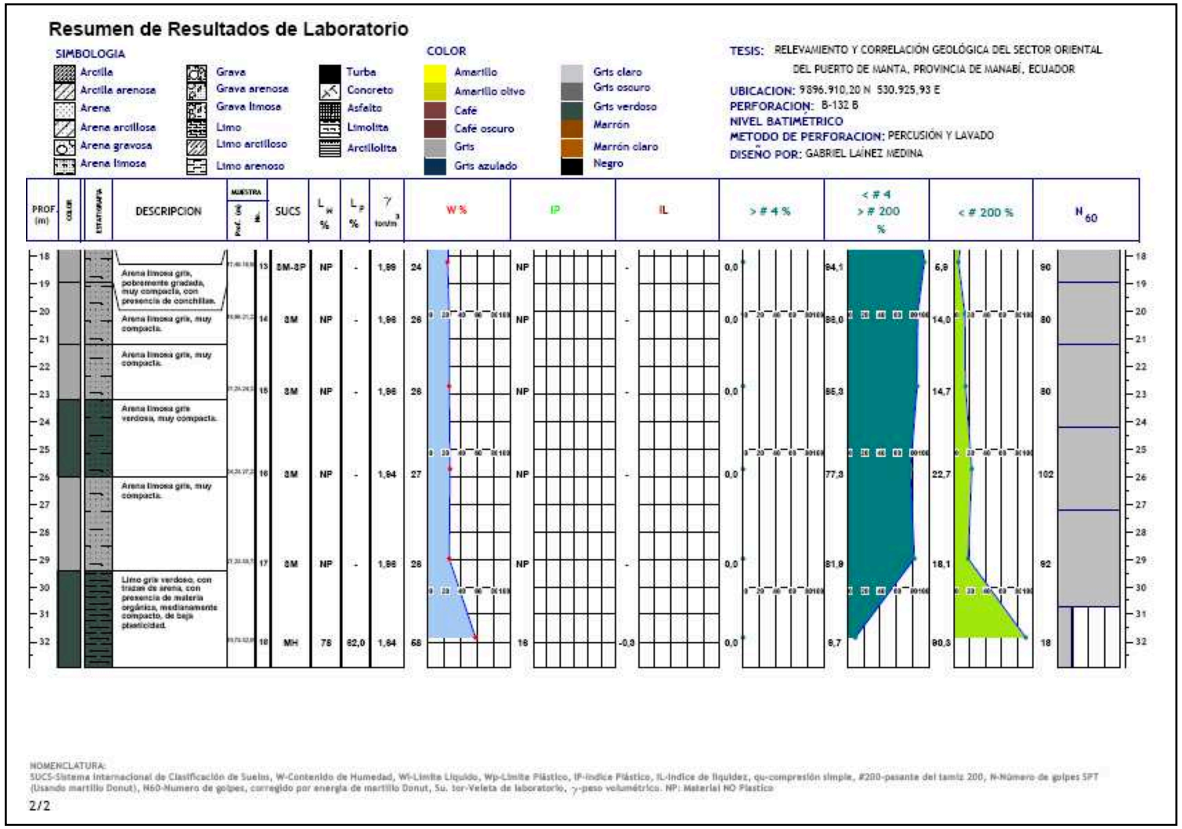
NOMENCLATURA:
SUCS-Sistema Internacional de Clasificación de Suelos, W-Contenido de Humedad, Wl-Límite Líquido, Wp-Límite Plástico, IP-Índice Plástico, IL-Índice de liquidez, qu-compresión simple, #200-pasante del tamiz 200, N-Número de golpes SPT (Usando martillo Donut), N60-Numero de golpes, corregido por energía de martillo Donut, Su. tor-Veleta de laboratorio, γ-peso volumétrico. NP: Material NO Plastico

2/2

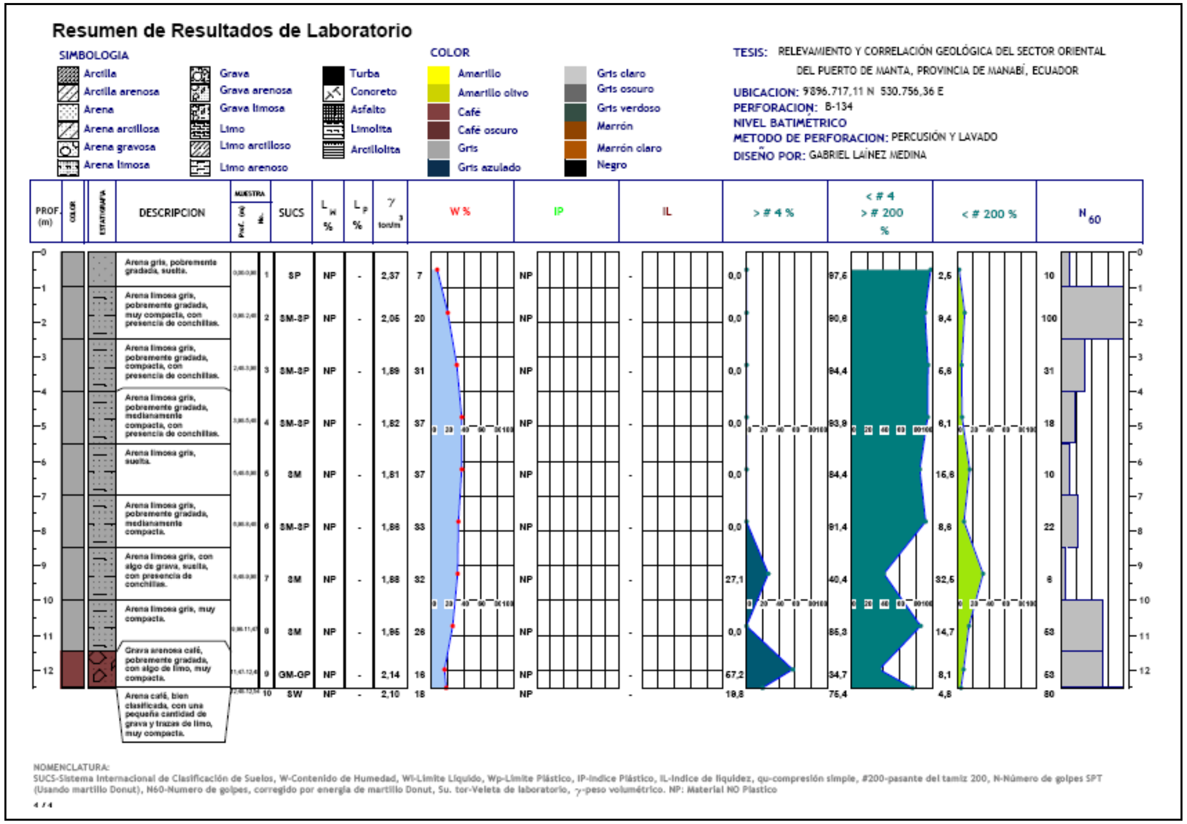
Sondeo B-130 (2/2)



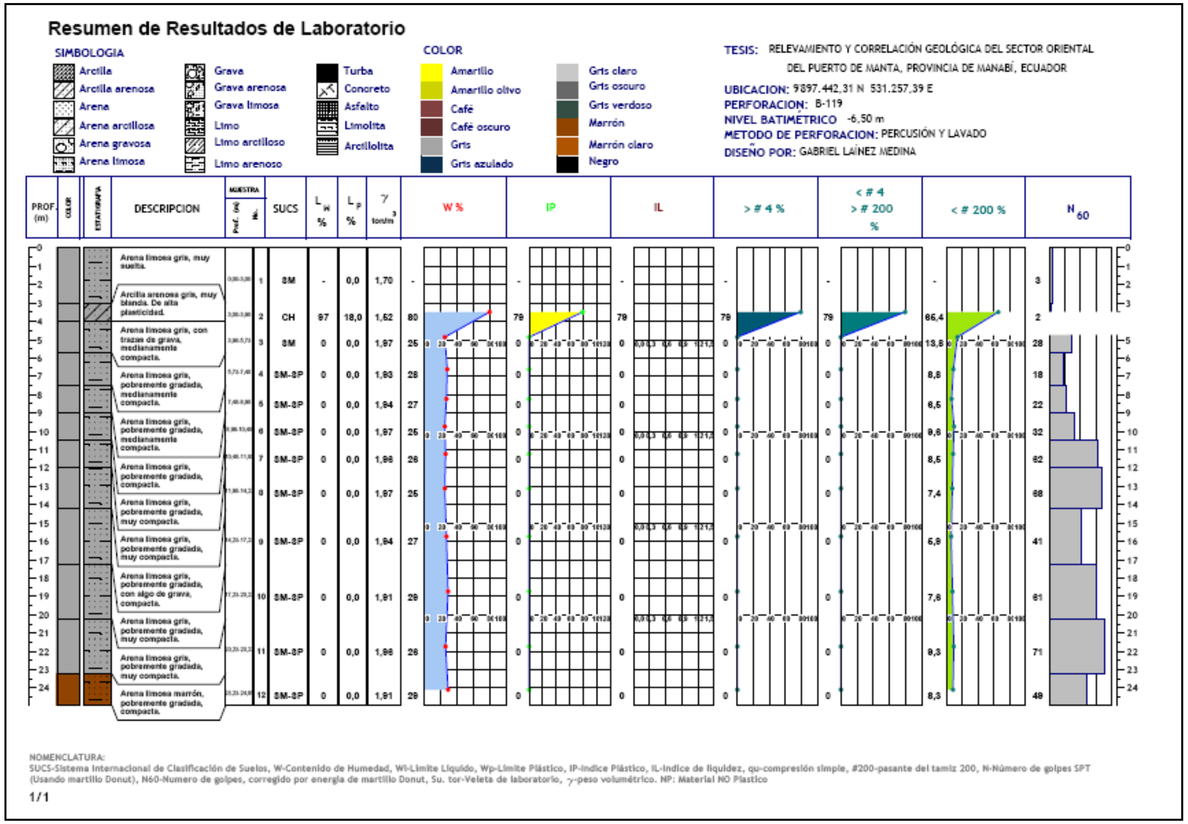
Sondeo B-132 B (1/2)



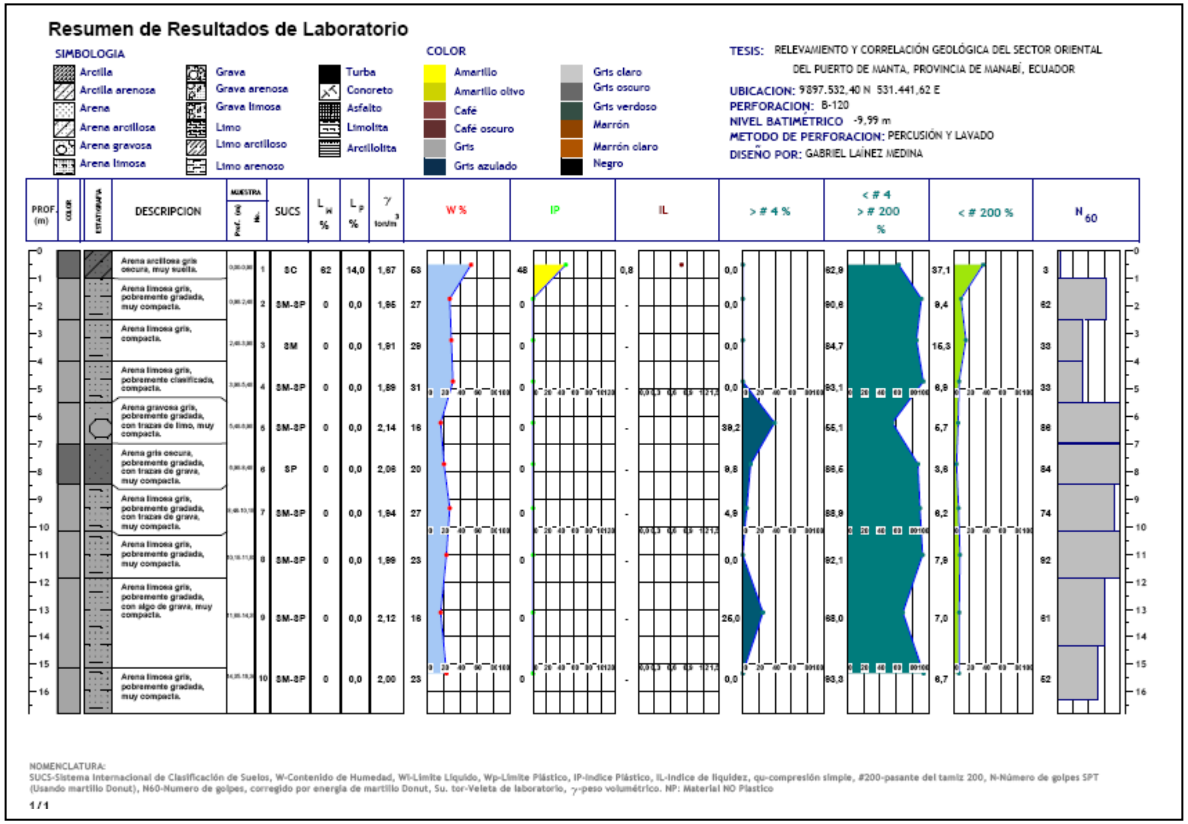
Sondeo B-132 B (2/2)



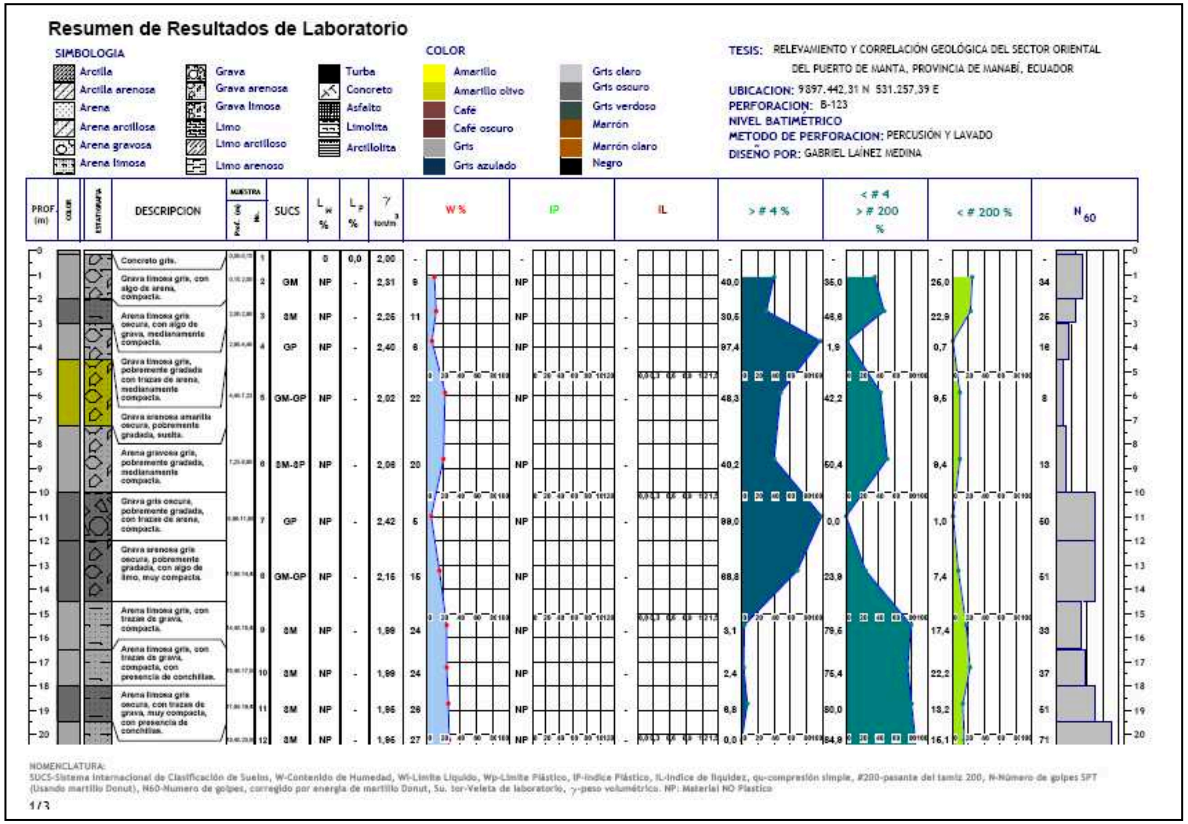
Sondeo B-134 (1/1)



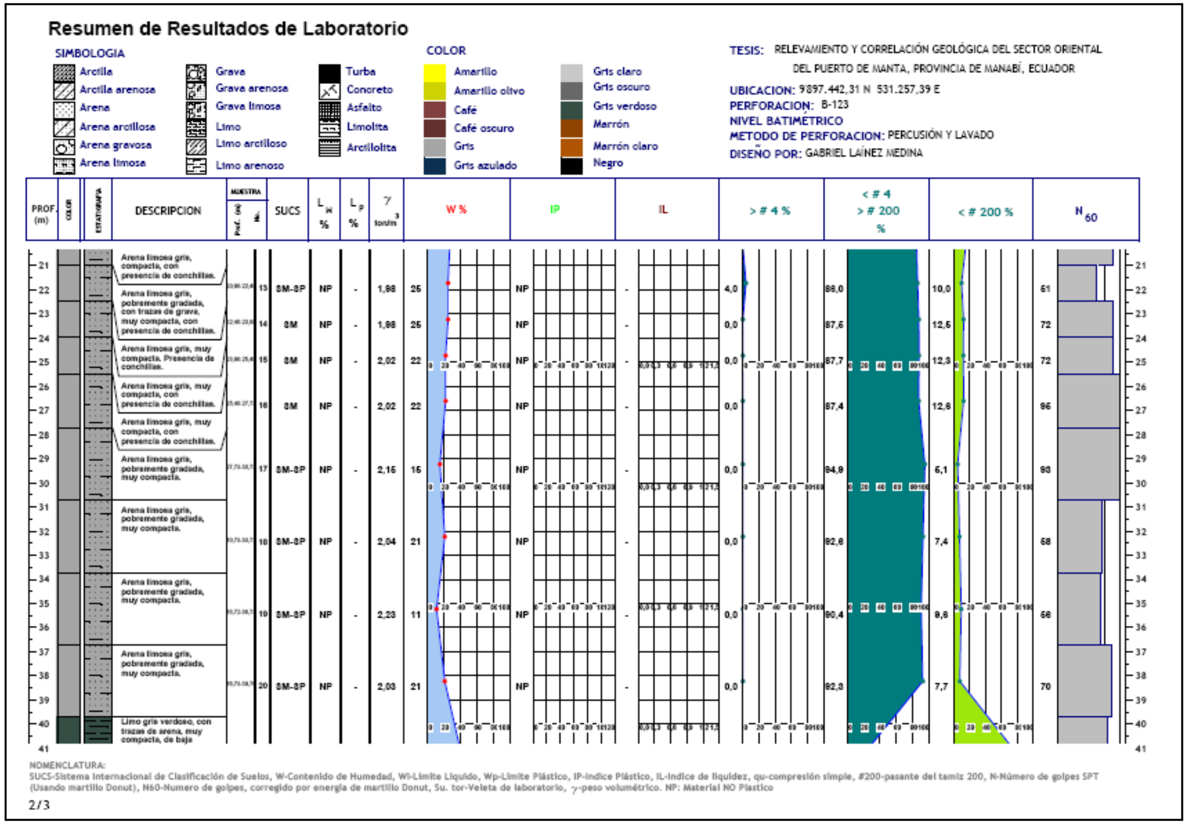
Sondeo B-119 (1/1)



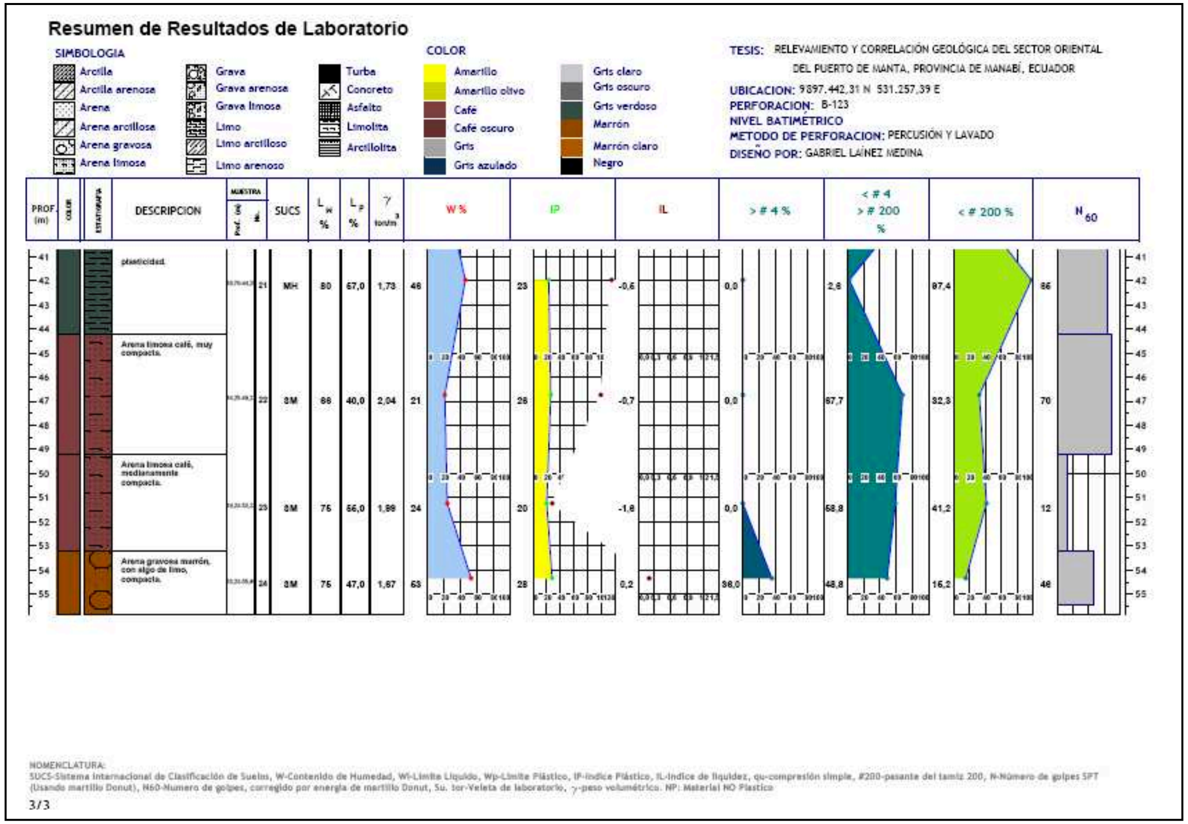
Sondeo B-120 (1/1)



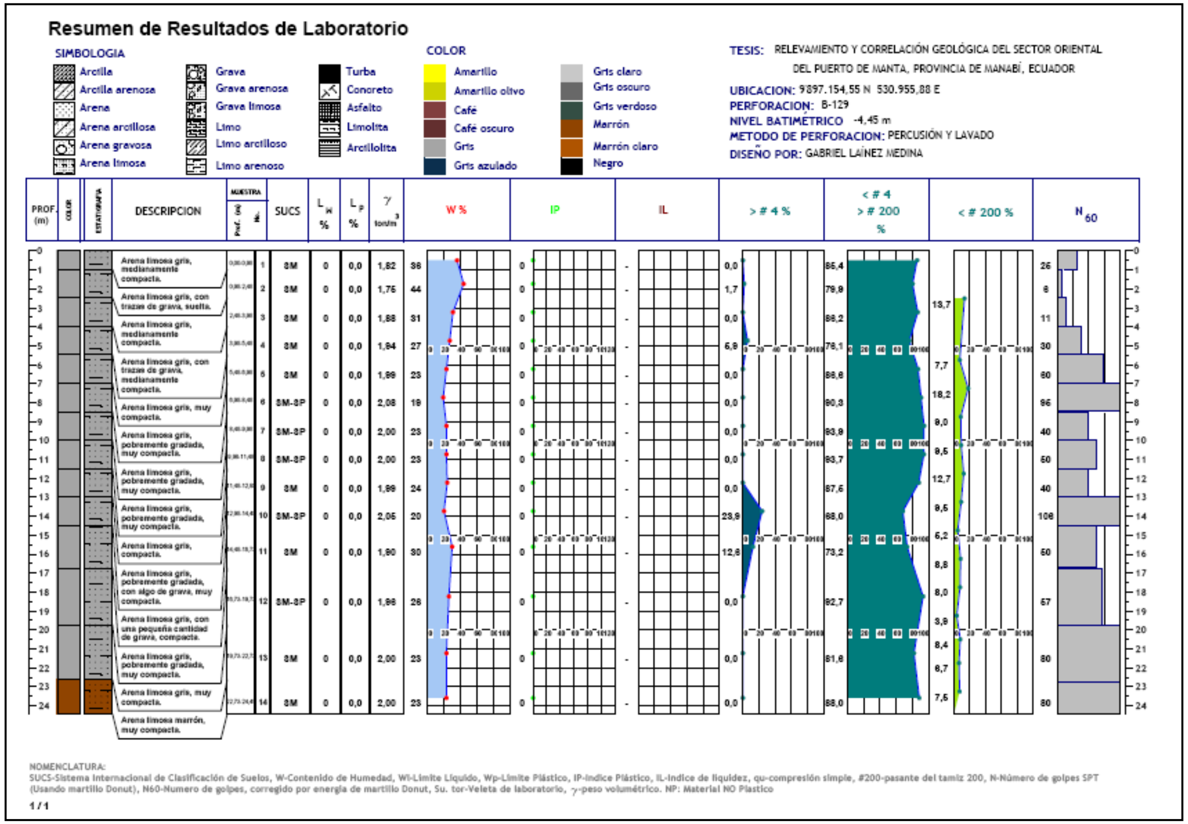
Sondeo B-123 (1/3)



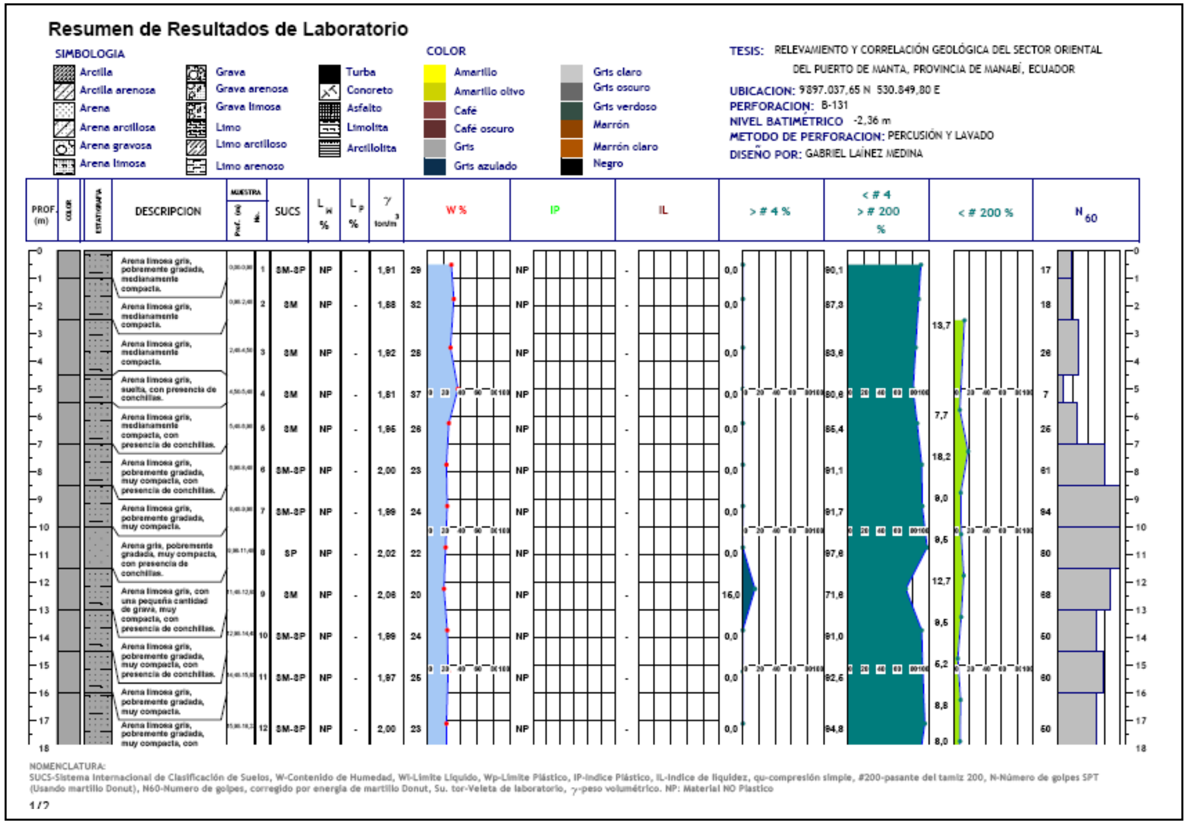
Sondeo B-123 (2/3)



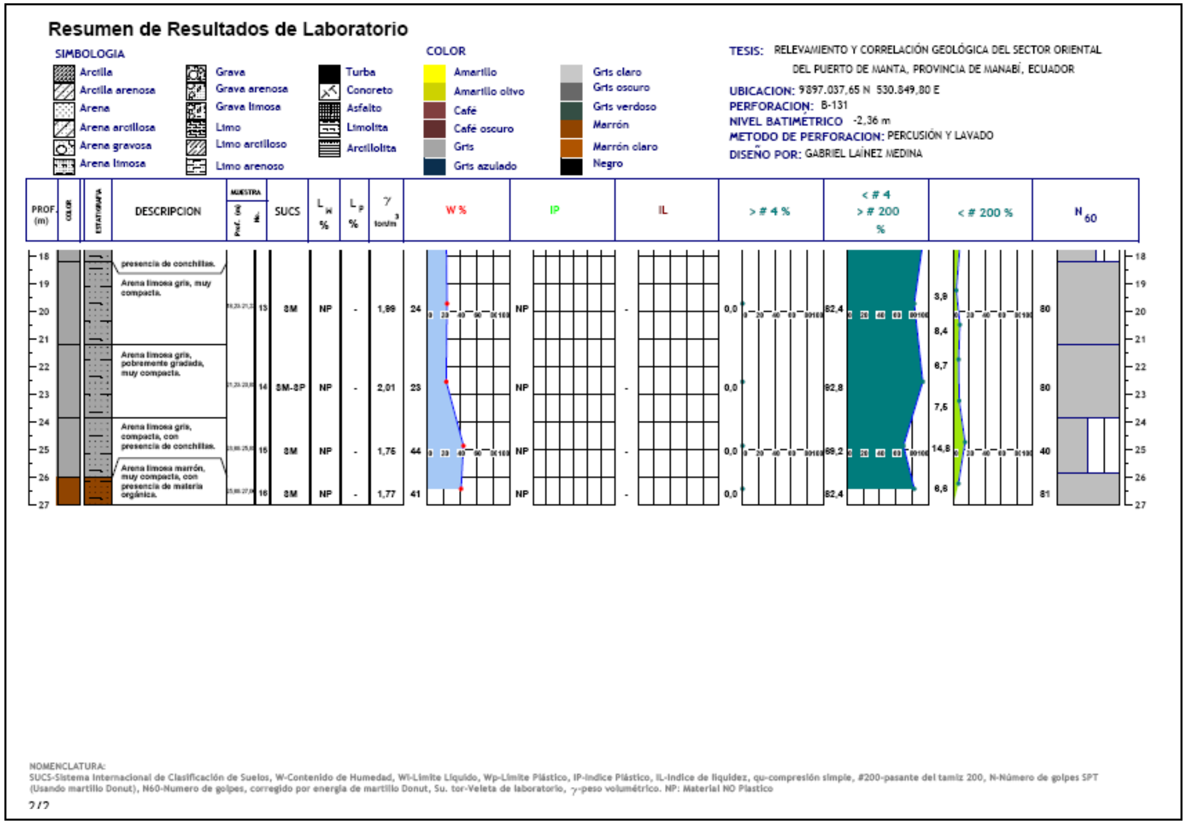
Sondeo B-123 (3/3)



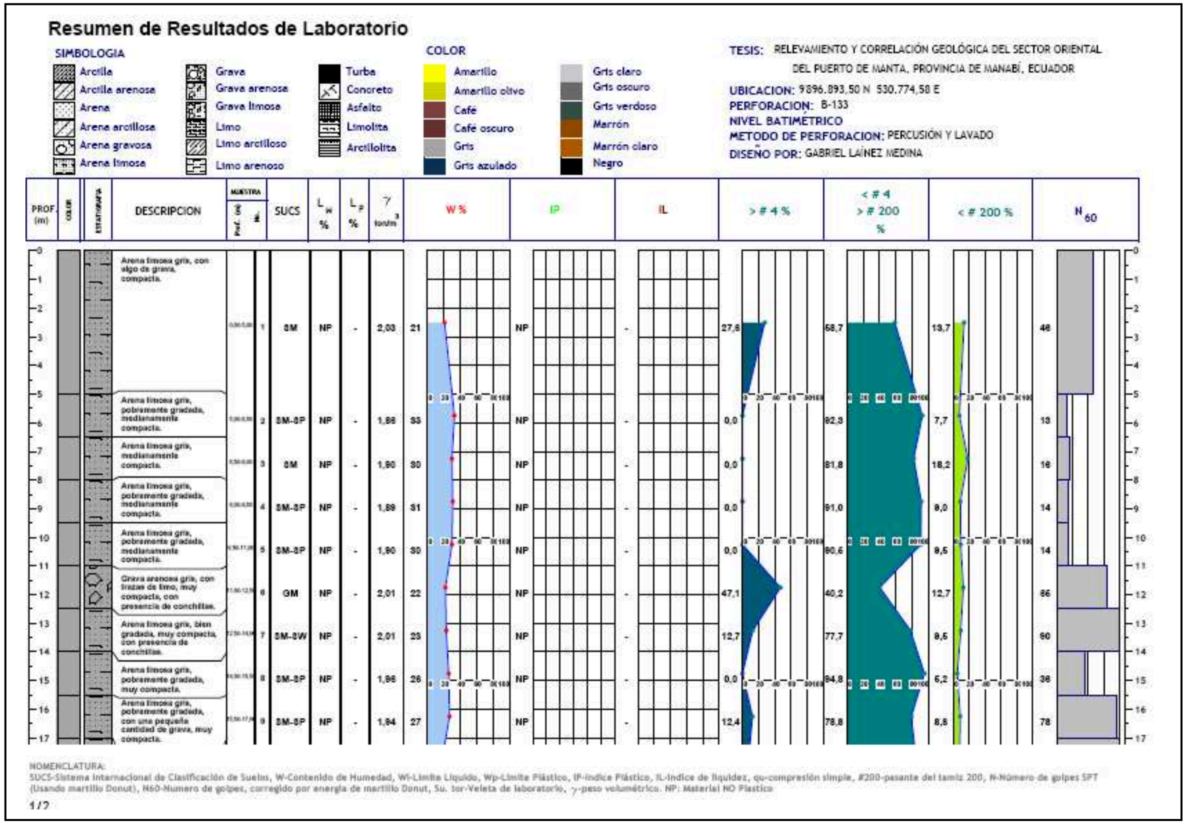
Sondeo B-129 (1/1)



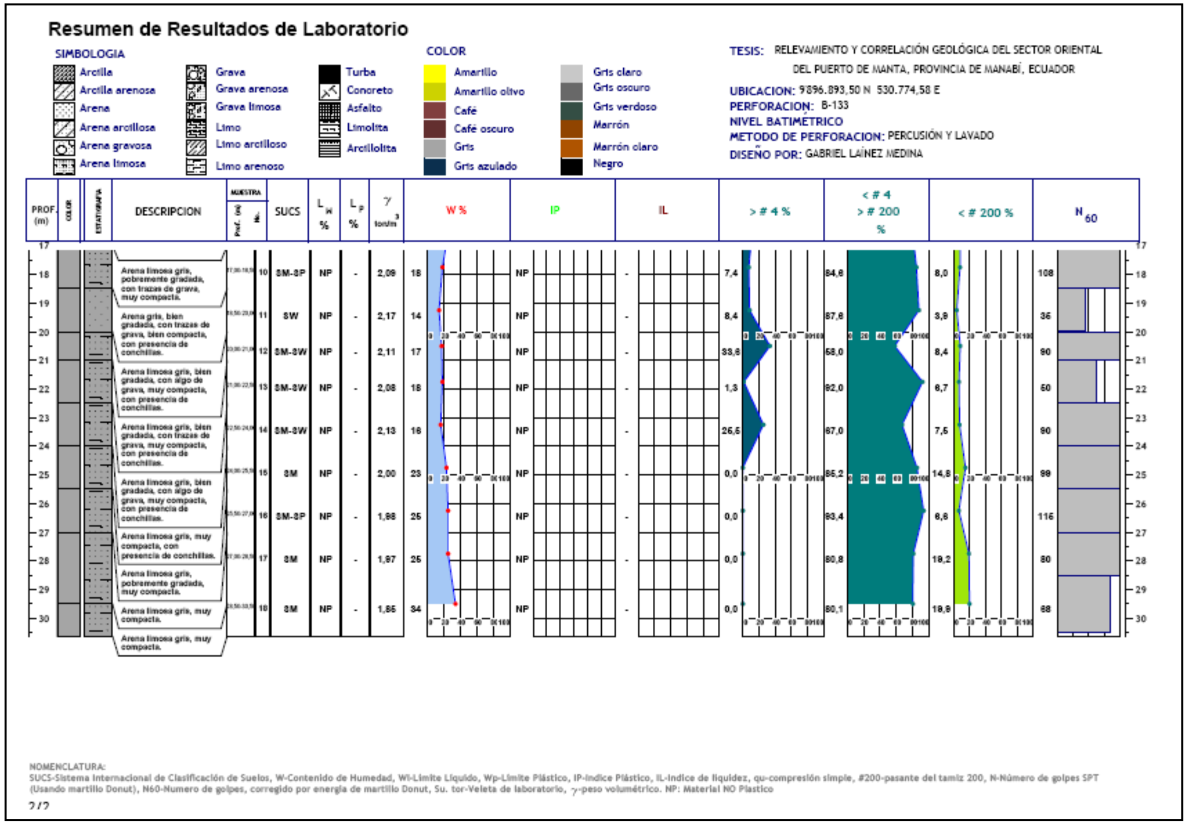
Sondeo B-131 (1/2)



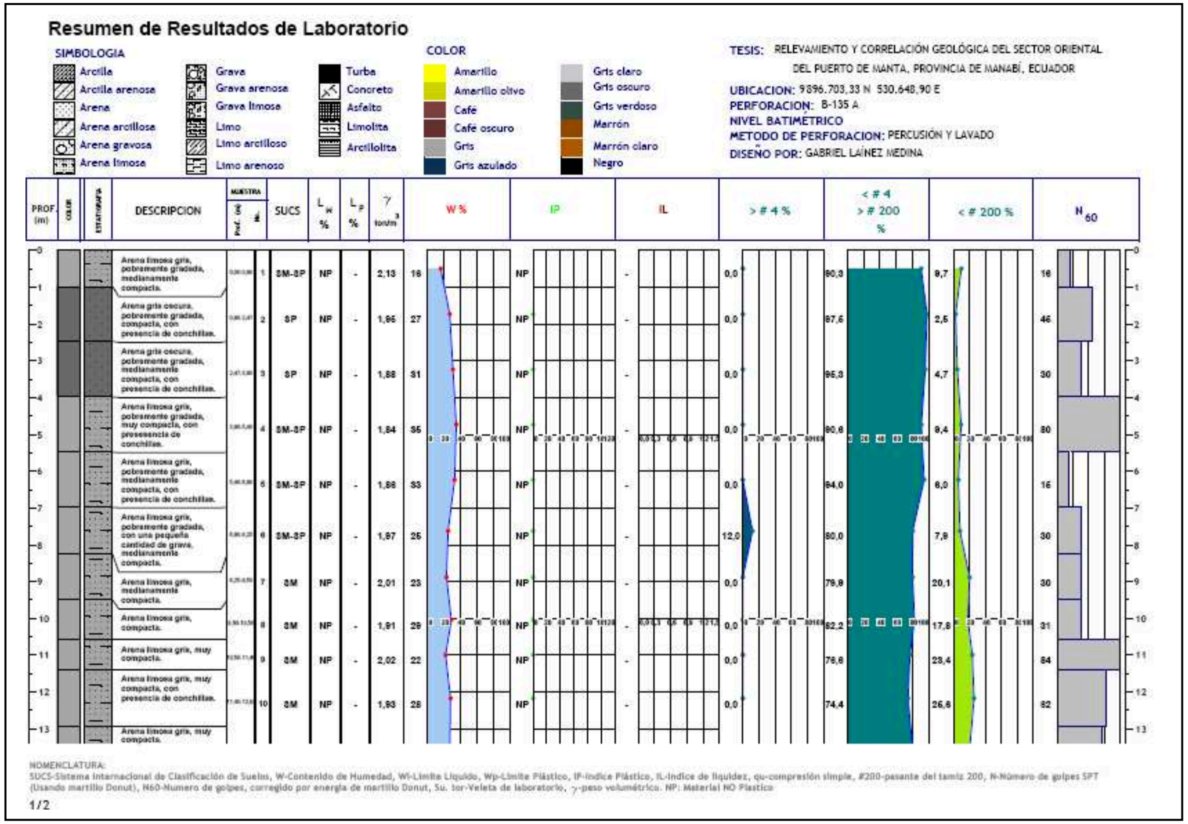
Sondeo B-131 (2/2)



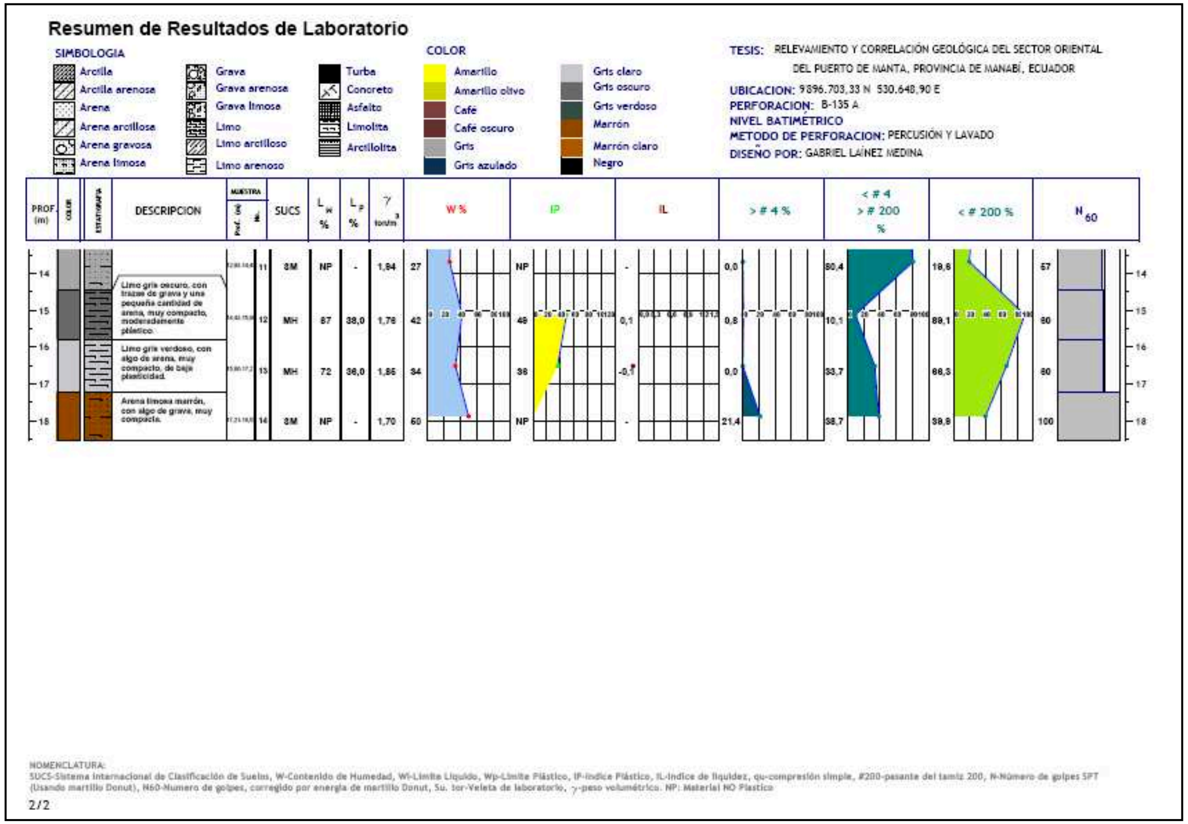
Sondeo B-133 (1/2)



Sondeo B-133 (2/2)



Sondeo B-135 A (1/2)



Sondeo B-135 A (2/2)

B. ANÁLISIS DE MUESTRAS MICROPALEONTOLÓGICAS

PETROPRODUCCION
Filial de Petroecuador

C.I.G.G.
Centro de Investigaciones Geológicas
Guayaquil

LABORATORIO BIOESTRATIGRÁFICO
Centro de Investigaciones Geológicas-Guayaquil

LOCALIDAD: ALREDEDORES DEL PUERTO DE MANTA
MUESTRA: 1

PALEONTÓLOGO: M. ORDÓÑEZ

FECHA: NOVIEMBRE 2008

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

Oridorsalis umbonatus (desgastado)
Bulimina marginata (Mioceno Medio-Holoceno)
Henzawaia sp.
Cibicidoides aff. *fletcherl*
Cibicidoides floridanus
Pararotalia magdalenensis (Plioceno-Holoceno)
Cibicidoides sp.
Nodosariaceo (cámara)
Nonionella sp.
Ammonia becari (Mioceno-Holoceno)

FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS

Orbulina universa (Mioceno Medio-Holoceno)
Globorotalia sp.

RADIOLARIOS

Muy raros radiolarios spumellarios sphaeroideos y *discoideos*
Cenosphaera sp.
Spongodiscus sp.
Fragmentos de conchillas de Moluscos. Microgasterópodos.

EDAD: Plioceno-Holoceno

PALEOAMBIENTE: Marino, Plataforma interna, aguas cálidas

OBSERVACIÓN: Las conchillas de Foraminíferos muestran diversa preservación siendo unas más desgastadas que otras (transportadas).

BIBLIOGRAFÍA

1. BENÍTEZ STALIN, Estudio geológico para determinar la factibilidad del dragado en el lado Este del rompeolas del puerto de Manta, Informe técnico para la ampliación del puerto de Manta, 1980.

2. GOOGLE EARTH, Mapas Satelitales de Sudamérica, del Ecuador y del Puerto de Manta, 2008

3. BENÍTEZ STALIN, Informe Geológico para el Proyecto de Ampliación de las Facilidades del puerto de Manta, 2007

4. PEDOJA K., Estudio de la Dinámica del Levantamiento Costero en Ecuador y Norte de Perú, Tesis Doctoral, 2003.

5. BRISTOW C. R. y HOFFSTETTER R., Léxico Estratigráfico, 2da Edición, Unión Internacional de Ciencias Geológicas, París, Francia, 1977.

6. NAVARRETE EDISON, Estudio Micropaleontológico de la Formación San Mateo en el Corte Puerto López-Salango, Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL, 1985.

7. ALVAREZ VIVIANA, Corte Geológico del Neógeno en los Acantilados entre Santa Rosa y San José, Provincia de Manabí, Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL, 2002.

8. CORONEL JORGE, Análisis de Morfoestructuras en Imágenes Radar, Fotos Aéreas, Red de Drenaje y Modelos Numéricos para la Observación de Deformaciones de una Margen Activa: ejemplo de Manta, Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL, 2001.

9. BOWLES JOSEPH E., Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, 2da Edición, McGraw-Hill latinoamericana S.A., Bogotá, Colombia, 1981.

10. CORRALES INMACULADA, Estratigrafía, 2da Editorial Rueda, Madrid, España, 1977.

11. ORDOÑEZ MARTHA, JIMENEZ NELSON y SUÁREZ JOHNNY, Micropaleontología Ecuatoriana, Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil, Petroproducción filial de Petroecuador, Guayaquil, Ecuador, 2006.

PETROPRODUCCION
Filial de Petroecuador

C.I.G.G.
Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil

LABORATORIO BIOESTRATIGRÁFICO
Centro de Investigaciones Geológicas-Guayaquil

LOCALIDAD:ALREDEDORES DEL PUERTO DE MANTA
MUESTRA: 2

PALEONTÓLOGO: M. ORDÓÑEZ

FECHA: NOVIEMBRE 2008

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

Bolivina aff. *spissa*
Uvigerina sp.
Bolivina bicostata
Bulimina aff. *uvigerinaformis*
Reussella sp.
Buliminella curta
Uvigerina peregrina
Siphonodosaria abyssorum
Hanzawaia concentrica
Oridorsalis umbonatus
Pararotalia magdalenensis
Ammonia becarii
Ammonia tepida
Nonionella sp.
Cibicidoides floridanus
Buccella hannai
Cibicidoides sp.
Lenticulina sp.

FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS

Globigerinoides cyclostomus (N18-base N22)

Globorotalia aff. *inflata* (N19 tardío-N22)

Globigerina quinqueloba (N14-N23)

RADIOLARIOS

Raros radiolarios *spumellarios sphaeroideos* y *discoideos*
Phacodiscus sp.
Cenosphaera sp.
Actinonmido.
Fragmento de espícula de Equinoderno, Diente de pez, Microgasterópos: *Caecum* sp., Fragmentos de conchillas de Moluscos.

EDAD: Plioceno Temprano tardío Pleistoceno Temprano
N19 tardío- N22 basal

PALEOAMBIENTE: Marino, Plataforma Interna, aguas cálidas.

OBSERVACIÓN: