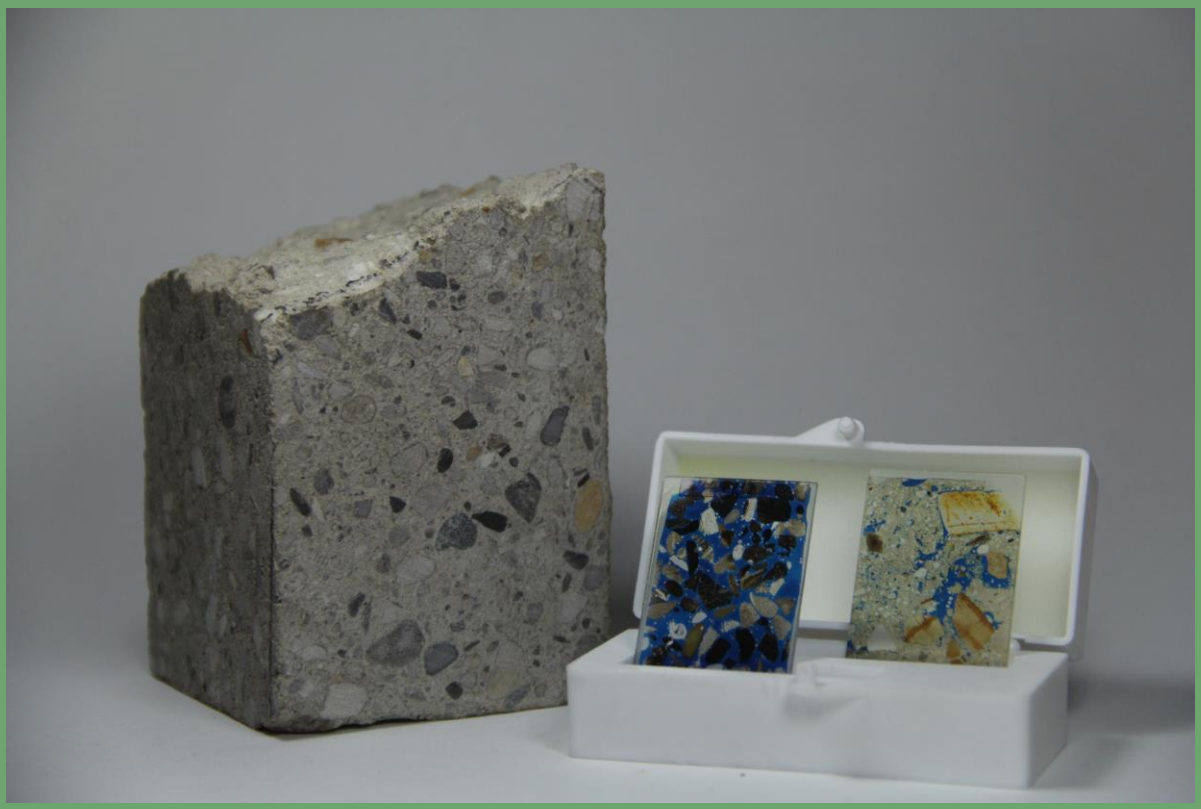
NRB
MICROMATCO S.A.S.

SERVICIOS Y SOLUCIONES DE ANÁLISIS MICROSCÓPICO DE MATERIALES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

NIT: 900.801.859-1

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE MUESTRAS DE CONCRETO EN BLOQUE SEMIPULIDO Y SECCIÓN DELGADA NORMA ASTM C856 – 20



INF CAISAN 500 – 23

Para efectos de aclaraciones y/o correcciones al presente informe, por favor citar el siguiente número:
INF CAISAN 500 – 23

ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE MUESTRAS DE CONCRETO EN BLOQUE SEMIPULIDO Y SECCIÓN DELGADA NORMA ASTM C856 – 20

SOLICITADO POR	Caisan Ingeniería S.A.S.
MUESTRA	No 8
LUGAR Y FECHA	Bogotá D.C., 14 de abril de 2023
CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA, INFORME Y DIAGNÓSTICO	240423_17:19:28 IOF50023-ez$b **Geóloga Nydia Romero Buitrago** *Matrícula Profesional 2230 CPG* **Esp. Patología de la Construcción** **Doctora (Candidata) en Ingeniería Civil**

1. PROPÓSITO DEL ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE MUESTRAS DE CONCRETO

Este análisis permite establecer las propiedades físicas y químicas a nivel macroscópico y microscópico de materiales cementantes hidráulicos, como son el tipo de agregado, proporciones de mezcla, contenido de aire, presencia de minerales en la pasta cementante y la determinación de características químicas de posibles procesos degradativos si se existiesen en la muestra.

2. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS

Se recibió una muestra de concreto, la cual se encuentra identificada como Núcleo No 8 y de aquí en adelante se nombrará como N1 (Figura 1). La muestra presenta las siguientes dimensiones y características de sus caras inferior y superior:

Muestra	Tipo de muestra	Diámetro (mm)	Longitud máxima (mm)	Cara superior	Cara inferior
N1	Núcleo completo	74	95	Irregular	Irregular

El examen petrográfico se realizó de acuerdo con la norma ASTM C 856-20, "Práctica estándar para el examen petrográfico de concreto endurecido". La muestra se impregnó con una resina epóxica de color azul, con el propósito de aumentar su cohesión. Luego, se cortó longitudinalmente en dos mitades y una de las superficies resultantes de cada corte se pulió generando el respectivo bloque semipulido (**B1-72323**) el cual se examinó utilizando un estereomicroscopio, mientras que la otra mitad se cortó en pequeños bloques rectangulares de los cuales se extrajo una tableta de la parte más superior de la muestra, la cual es sometida a varios procesos (Figura 2), para obtener finalmente la sección delgada (**72323**) la cual se examinó utilizando un microscopio de luz polarizada para estudiar la mineralogía y la microestructura de la muestra (Figura 3).

ESPACIO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

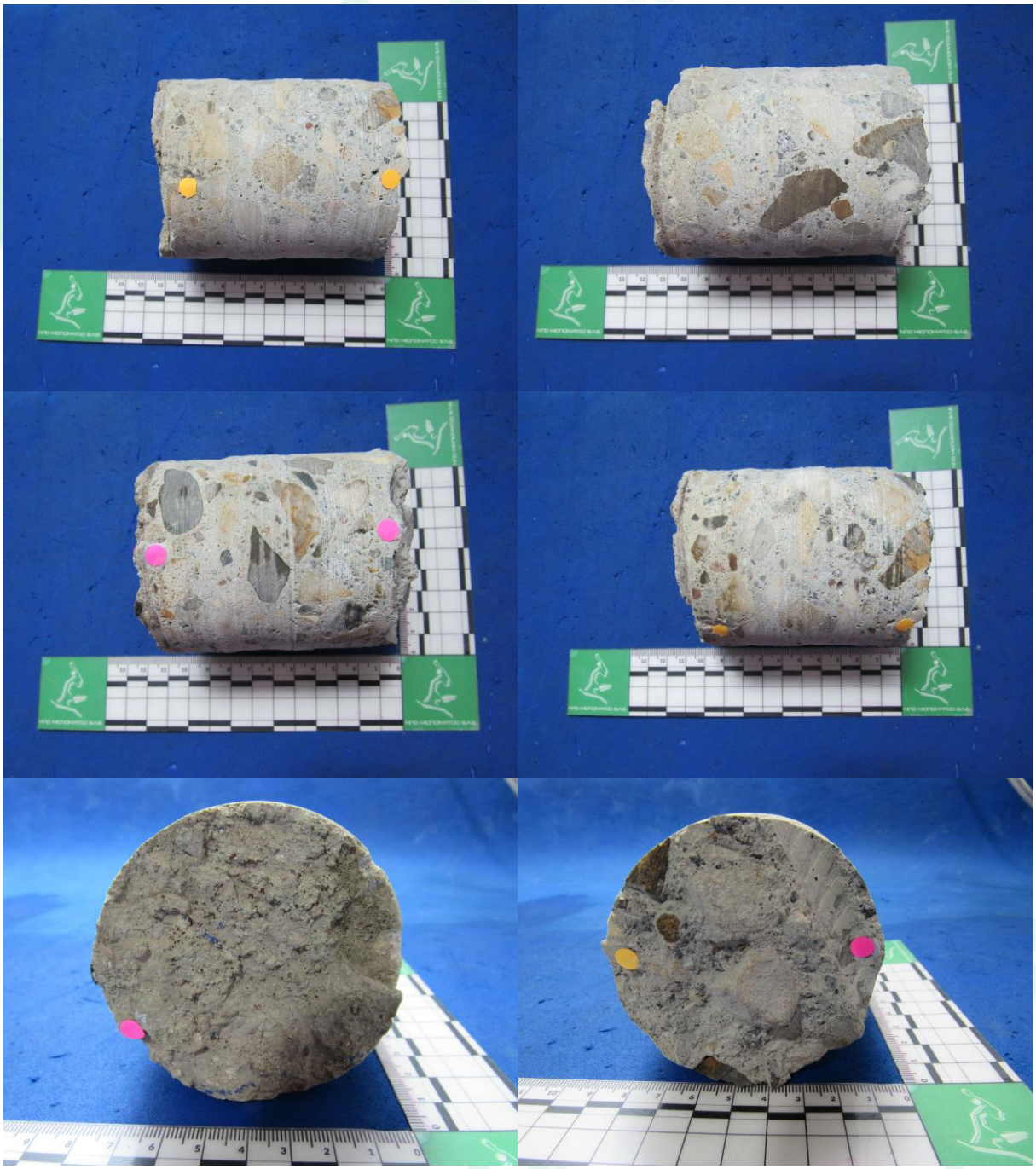
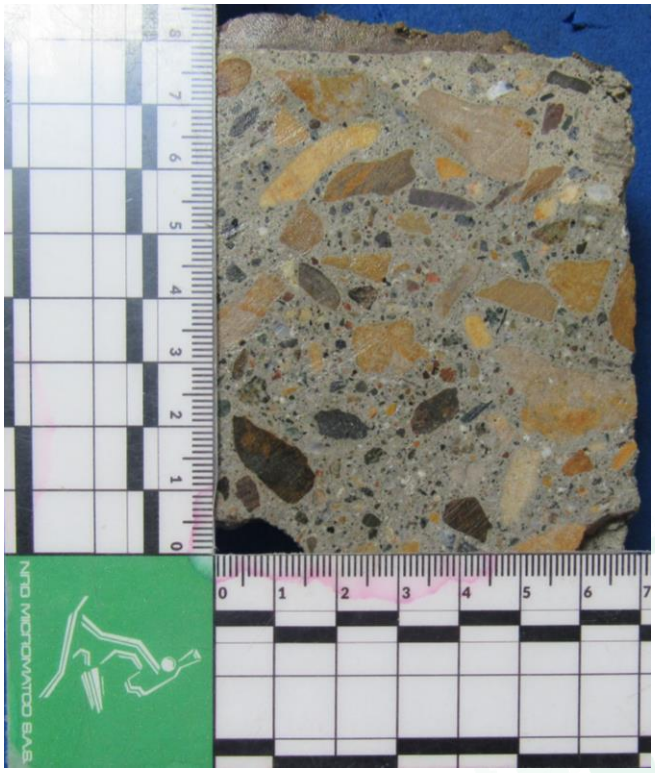


Figura 1. Fotografías de la muestra N1, mostrando vistas laterales, la parte superior y parte inferior del núcleo. Los puntos amarillo y rosado muestran la orientación de los cortes.

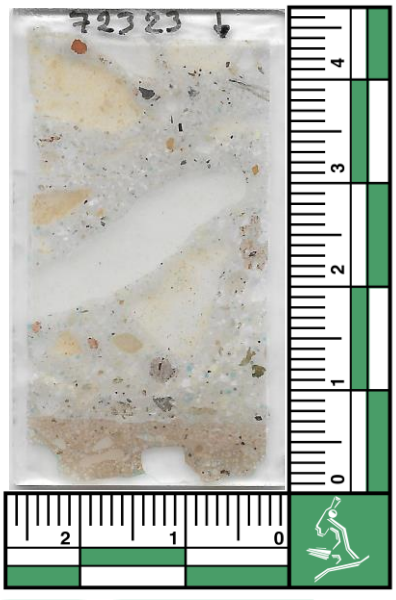


Figura 2. Procedimiento para la elaboración de una sección delgada (SD)

N1



B1-72323
BLOQUE SEMIPULIDO



72323
SECCIÓN DELGADA

Figura 3. Bloque semipulido y sección delgada de la muestra N1.

3. METODOLOGÍA

El análisis petrográfico del bloque pulido se llevó a cabo con estéreo microscopio Optiks XTL. Para la toma de imágenes se empleó una cámara marca Nikon modelo Coolpix 995 de alta resolución adaptada a un estéreo microscopio Nikon SMZ 800 C-DS. Para el análisis microscópico de la sección delgada se llevó a cabo con microscopio de luz transmitida. Para la toma de imágenes se empleó una cámara marca Olympus modelo DP-12 adaptada al microscopio.

Se determino todos los rasgos importantes en el bloque semipulido y en la sección delgada, mediante un conteo de 700 puntos en el bloque semipulido y 300 puntos en la sección delgada sobre líneas horizontales y verticales espaciadas 2,5 mm en el bloque y 1 mm en la sección delgada.

4. CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA

Es importante resaltar que en la parte superior de la muestra se observa una capa de mortero, por lo que se describirá la caracterización petrográfica de la capa de mortero y del concreto.

A continuación, se realizará la descripción cualitativa y cuantitativa de la muestra en sección delgada y en bloque semipulido



Figura 4. Fotografía del bloque semipulido de la muestra N1. Se detalla la textura y distribución de los diferentes componentes de la muestra. Además, se señala la localización de la sección delgada.

4.1. VOLUMEN DE CONSTITUYENTES PRINCIPALES

BLOQUE SEMIPULIDO

Volumen de constituyentes principales resultado del conteo del bloque semipulido

MUESTRA		AGREGADO GRUESO (%)	AGREGADO FINO* (%)	PASTA** (%)	VACÍOS (%)	GRIETAS (%)	FIBRAS (%)	TOTAL (%)
N1	Concreto	27.5	40.7	30.3	1.5	0.0	0,0	100,0

Agregado fino (particulas con tamaños que equivalen al tamiz No 8 hasta No 50)

** Pasta cementante y agregado muy fino (partículas con tamaños que equivalen a pasa tamiz No 50)*

SECCIÓN DELGADA

Volumen de constituyentes principales resultado del conteo de la sección delgada

MUESTRA		AGREGADOS*(%)	PASTA** (%)	VACÍOS (%)	MICROPOROSIDAD / MICROGRIETAS (%)	OTROS (%)	TOTAL (%)
N1	Mortero	54.9	38.9	3.1	2.0	1.1	100.0
	Concreto	70.5	24.2	2.6	0.5	2.1	100.0

* *Agregado grueso, fino y muy fino*

** *Pasta cementante*

4.2. CONDICIONES GENERALES

ORIENTACIÓN

La muestra corresponde a un núcleo tomado a través de un elemento estructural y presentan las siguientes dimensiones.

MUESTRA	DIAMETRO (mm)	LONGITUD MAXIMA (mm)
N1	74	95

SUPERFICIES

La muestra presenta en la parte superior e inferior una superficie irregular.

CONDICIÓN GENERAL

En general en la muestra, el mortero y el concreto son duros y compactos.

SEGREGACIÓN

No se observa segregación en la muestra.

4.3. ELEMENTOS EMBEBIDOS

GENERAL

No se observó acero de refuerzo u otros elementos embebidos en la muestra.

ESPACIO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

4.4. AGREGADOS

FORMA	El agregado grueso del concreto corresponde a grava de origen natural con formas subangulares a redondeadas y subdiscoidales a subprismoidales. El agregado fino corresponde también a arena de origen natural presenta formas subangulares a redondeadas y subdiscoidales a prismoidales (Ver figura 5).
GRADACIÓN	En el concreto se observa una buena gradación, con un tamaño nominal superior observado de 13 mm el cual equivale al tamiz 1/2".
DISTRIBUCIÓN	Los agregados están relativamente bien distribuidos en la muestra.
CONTACTO PASTA – AGREGADO	En general los agregados se encuentran bien adheridos a la pasta cementante.
COMPOSICIÓN	El agregado de la capa de mortero corresponde a fragmentos de cuarzo, cuarcita y chert, principalmente. Mientras que el agregado del concreto corresponde principalmente a fragmentos de diferente origen (sedimentario, metamórfico e ígneo) principalmente metareniscas, areniscas, andesitas basálticas y tobas, entre otros. También se observan fragmentos de plagioclasa y cuarzo. En la siguiente tabla se especifica la composición de los agregados en la muestra:
ALTERACIÓN	Se observa en algunos agregados la formación de algunos minerales arcillosos y presencia de óxidos producto de reacciones por meteorización
POROSIDAD	No se observa
CONTAMINACIÓN	No se observa
OTRAS CARACTERÍSTICAS	No se observaron bordes de reacción ni evidencia de reacción de álcali – sílice (RAS). No se observaron revestimientos o incrustaciones perjudiciales.

CARACTERÍSTICA DE LOS CONSTITUYENTES	MUESTRA	
	N1 (Mortero)	N1 (Concreto)
	Porcentaje de Partículas	
Metarenisca	5.7	33.6
Arenisca fina	0.0	17.2
Andesita basáltica hipocristalina	0.0	10.4
Cuarzo	20.0	7.5
Plagioclasa	8.6	6.7
Tonalita	5.7	4.5
Toba silícea	5.7	3.7
Arenisca muy fina	0.0	3.7
Fragmento alterado	0.0	2.2
Cuarzo policristalino	2.9	1.5
Anfibol	0.0	1.5
Granito	0.0	1.5
Cuarcita	20.0	0.7
Cuarzo con extinción ondulante	2.9	0.7
Chert	11.4	0.7
Andesita basáltica devitrificada	0.0	0.7
Gabro	0.0	0.7
Toba lítica	0.0	0.7
Mica	0.0	0.7
Neiss	0.0	0.7
Caliza	8.6	0.0
Pizarra	5.7	0.0
Opaco	2.9	0.0
TOTAL	100,0	100,0

ESPACIO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

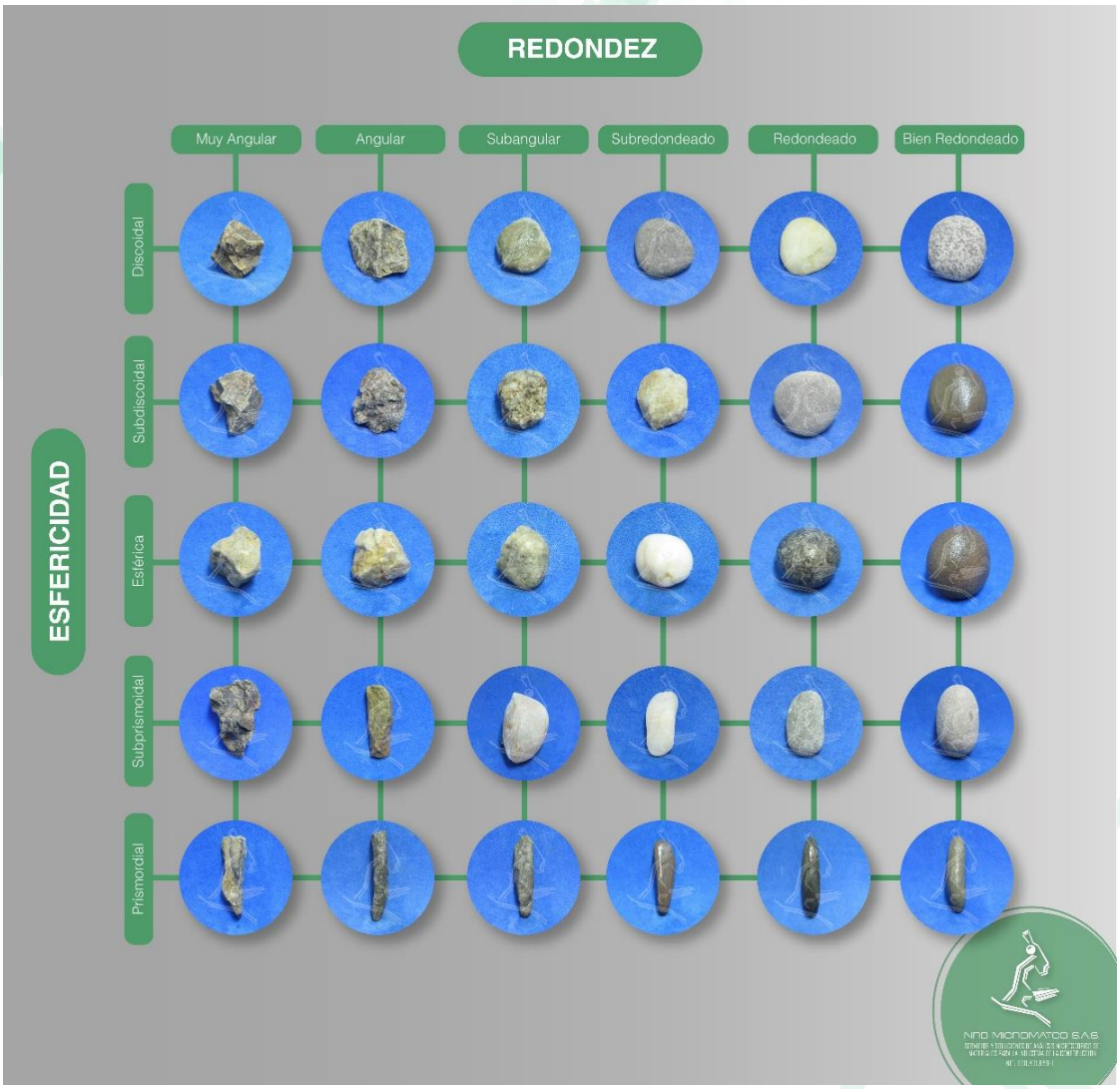


Figura 5. Escala de redondez y esfericidad de Pettijohn *et al*

4.5. VACÍOS Y MICROPOROS

CONTENIDO

La muestra analizada por estimación visual presenta menos del 4% de vacíos de aire. En la siguiente tabla se especifica el contenido de vacíos calculado por conteo de puntos en el bloque semipulido y en la sección delgada:

MUESTRA	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	
	Bloque semipulido	Sección delgada
N1 (Mortero)	-	3.1
N1 (Concreto)	1.5	2.6

TAMAÑO

En la siguiente tabla se especifica el tamaño de vacíos en el concreto observados en el bloque semipulido:

MUESTRA	CONTENIDO DE VACÍOS (%)							
	0,05 mm	0,1-0,5 mm	0,6-1,0 mm	1,1-2,0 mm	2,1-3,0 mm	3,1-5,0 mm	>5 mm	Total
N1	0.0	0.2	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	1.5

FORMA

La mayoría de los vacíos presentan formas esféricas a sub esférica.

DISTRIBUCIÓN

Es de resaltar que los vacíos se encuentran distribuidos de en toda la masa de concreto.

DEPÓSITOS SECUNDARIOS

Los vacíos están libres de depósitos secundarios.

MICROPOROS Y CAPILARES

La presencia de microporos y capilares es poco significativa (3,1% en el mortero y 0,5% en el concreto).

4.6. GRIETAS Y MICROGRIETAS

MUESTRA N1	No se observa

4.7. PASTA CEMENTANTE

COLOR	En la muestra N1 la capa de mortero, la pasta cementante presenta una tonalidad gris parduzco claro cuando se estudia bajo el estereomicroscopio y en el microscopio petrográfico en general exhiben un color marrón oscuro. En el concreto se puede observar cambios de tonalidad desde la superficie de contacto con el mortero hacia el interior del núcleo. A nivel macroscópico se distinguen dos zonas; la primera hacia la parte más superior desde 5 mm y hasta una profundidad de 25 mm la cual presenta una tonalidad gris amarilloso. En el resto del núcleo la pasta cementante presenta una tonalidad gris oliva claro. A nivel microscópico en general exhiben un color marrón oscuro (primera zona) a un marrón claro (resto del núcleo).
DUREZA	En la muestra la pasta cementante es moderadamente dura tanto en el mortero como en el concreto.
LUSTRE	Opaco en todo el núcleo.
CARBONATACIÓN	Debido a que el concreto en la muestra, presentan cambios de tonalidad desde la superficie de contacto del mortero hacia el interior del núcleo (desde 5 mm y hasta una profundidad de 25 mm), se puede presumir que este cambio puede indicar que se trata del fenómeno de carbonatación, aunque no se descarta que se trate de la afectación de otro agente agresivo que haya penetrado desde el exterior hacia el interior o que sea el efecto de otro tipo de fenómeno que altere la pasta cementante.
COMPOSICIÓN	En la parte más superior de la muestra (desde 5 mm y hasta una profundidad de 25 mm), los compuestos de cemento no hidratado e hidratado se encuentran distribuidos de manera irregular, pues se observa una alta concentración de microcristales de portlandita. En los sectores internos de la muestra, en general los compuestos de cemento no hidratado e hidratado se encuentran distribuidos de manera regular. En la siguiente tabla se especifica la proporción de estas partículas en la muestra:

CONSTITUYENTES		COMPOSICIÓN DE LA PASTA CEMENTANTE EN LA SECCIÓN ANALIZADA	
		N1 (mortero)	N2 (concreto)
		Porcentaje de Partículas	
Minerales de cemento no hidratado	Alita	4.2	2.2
	Belita	4.2	6.5
	Ferrita	0.0	0.0
	Clinker residual	33.3	15.2
	SUBTOTAL	**41.7**	**23.9**
Minerales de cemento hidratado	Gel de Tobermorita	12.5	47.8
	Portlandita	45.8	10.9
	Microcristales de portlandita	0.0	17.4
	SUBTOTAL	**58.3**	**76.1**
TOTAL		**100,0**	**100.0**

ADICIONES	Se observó la presencia de inquemados (1,1% (mortero) y 2,1% (concreto)) como adición a la mezcla.
RECCIONES DELETÉREAS	No se observa
PRESENCIA DE SULFATOS	No se observa
GRADO DE HIDRATACIÓN	El concreto en la muestra, descartando los sectores con una alta concentración de microcristales de portlandita (que corresponde con el 17,4% de la pasta cementante), y al recalcular el contenido de minerales de cemento no hidratado e hidratado (28,9% y 71,1%, respectivamente), se observa un moderado a alto contenido de compuestos de cemento hidratados. Se puede relacionar que la muestra de concreto tiene un moderado a alto grado de hidratación.

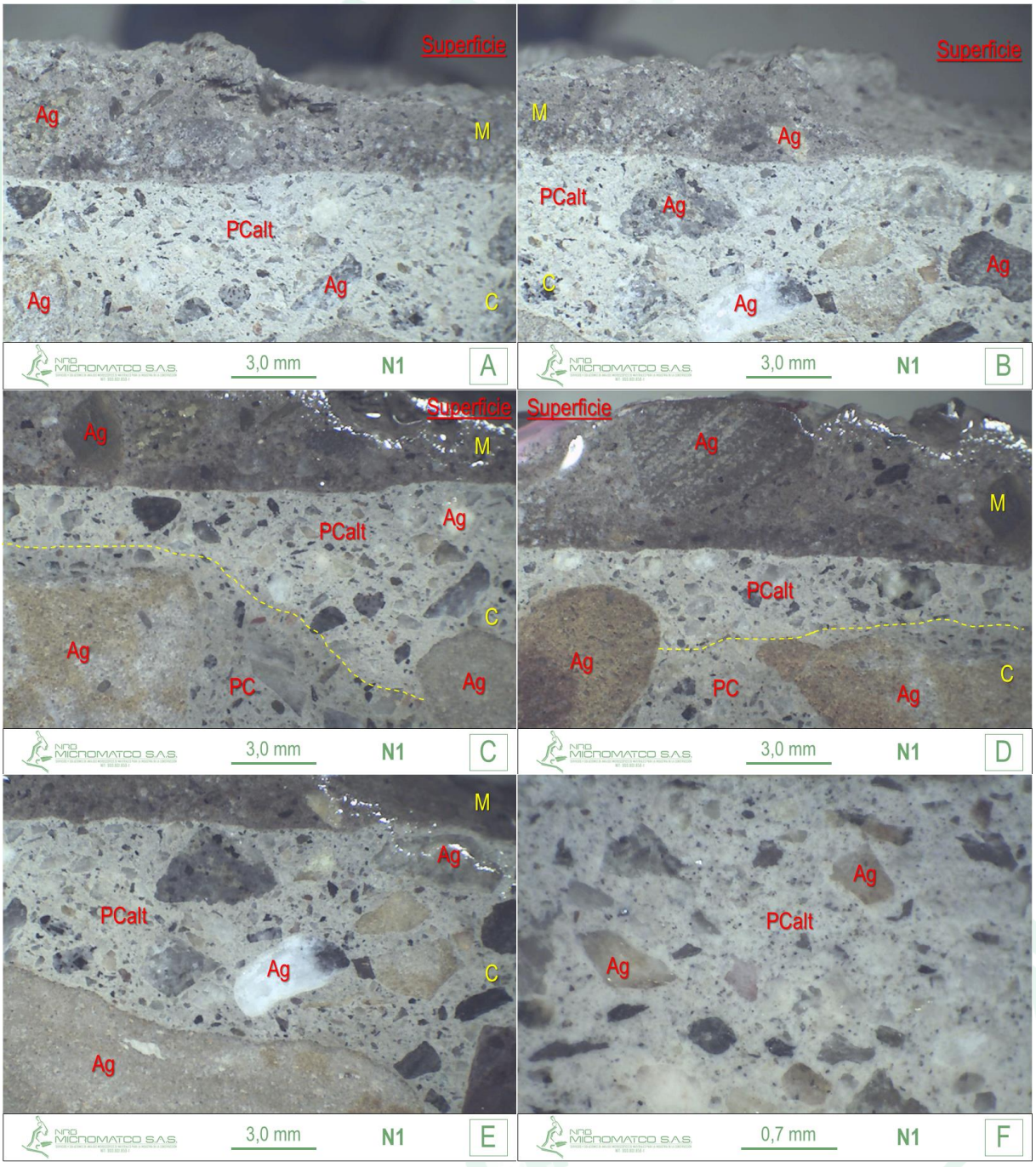


Figura 6. Microfotografías bajo el estéreo microscopio en corte desde la superficie de la muestra N1. Se detalla la textura y distribución de los diferentes componentes en la parte más superior de la muestra, es decir, en el contacto entre la capa de mortero (M) y el concreto (C). Se resalta en el concreto la distribución de los agregados gruesos y finos (Ag), y la textura y la tonalidad gris amarilloso de la pasta cementante alterada (PCalt) en la parte más cercana al contacto con el mortero (línea punteada amarilla), además de la textura y tonalidad gris oliva claro de la pasta cementante (PC) en los sectores con una profundidad mayor a 5 mm **(Superficie seca: A y B) (Superficie húmeda para contraste: C, D, E y F).**

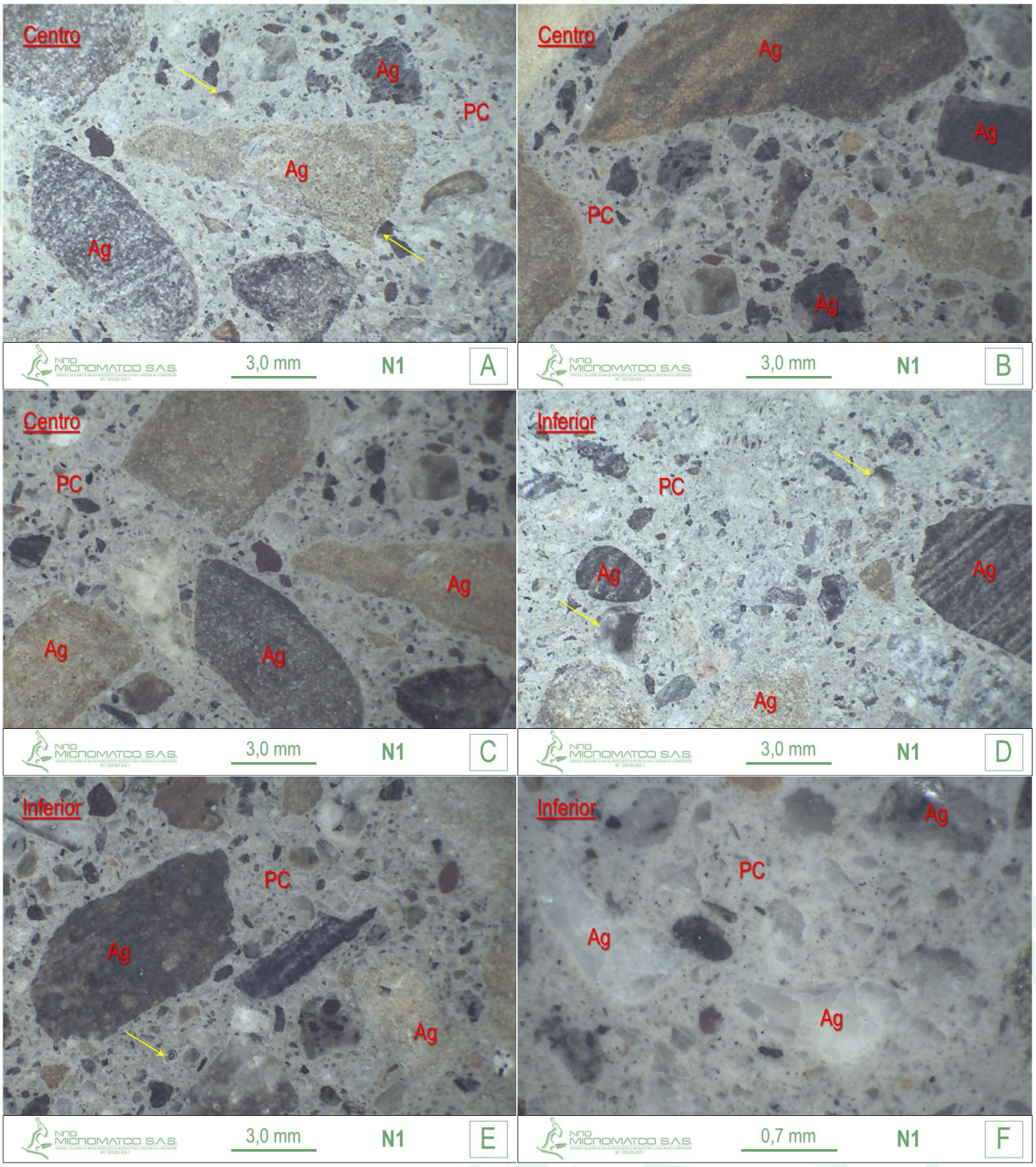


Figura 7. Microfotografías bajo el estéreo microscopio en corte desde la superficie de la muestra N1. Se detalla la textura y distribución de los diferentes componentes en el centro de la muestra. Se resalta la distribución de los agregados gruesos y finos (Ag), los vacíos (flechas de color amarillo) y la textura y la tonalidad gris oliva claro de la pasta cementante (PC) **(Superficie seca: A y D) (Superficie húmeda para contraste: B, C, E y F).**

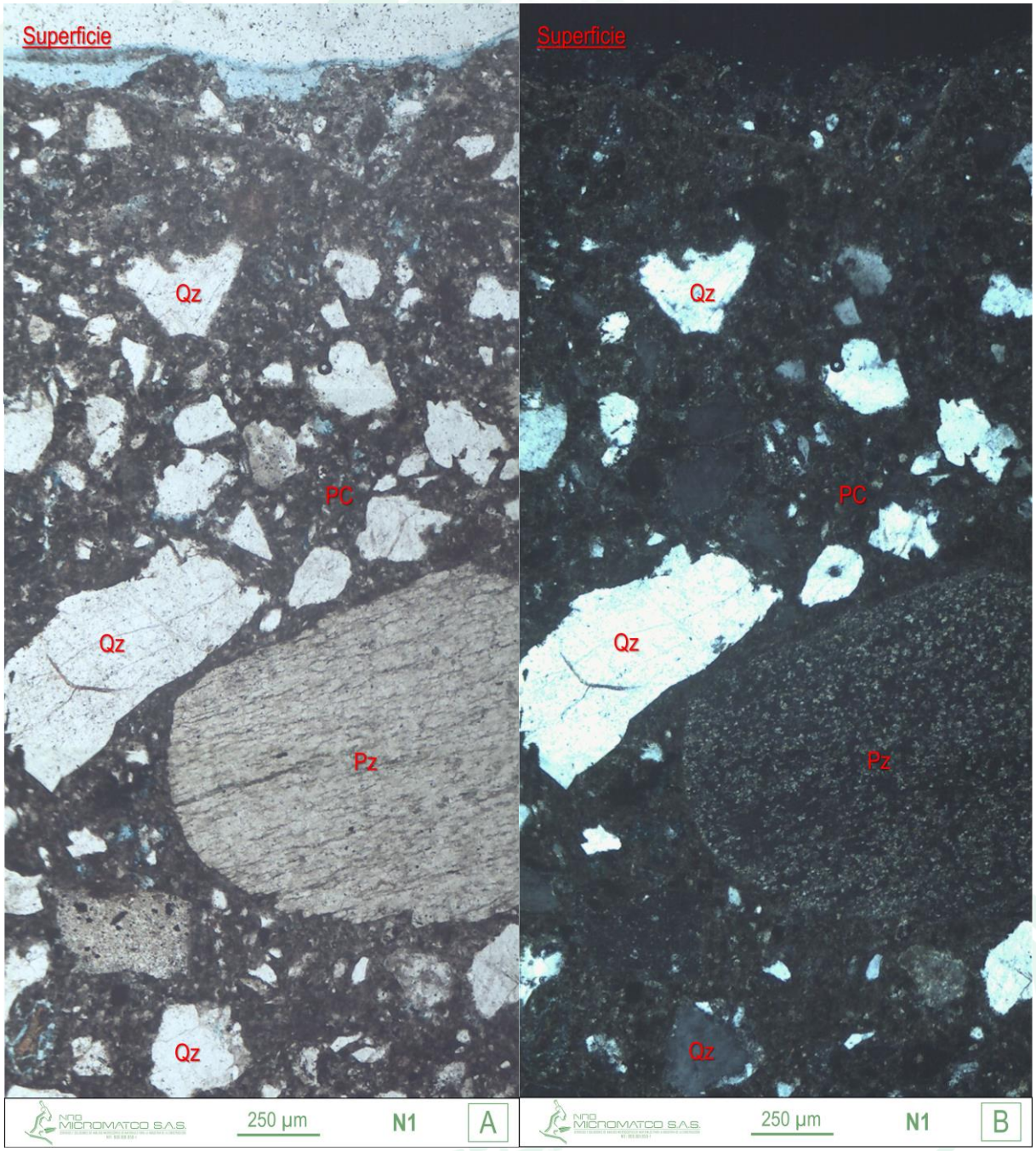


Figura 8. Microfotografías bajo el microscopio petrográfico en corte desde la superficie de la muestra N1 resaltando la capa de mortero con la composición de algunos agregados tales como pizarra (Pz) y cuarzo (Qz), además de la distribución de los compuestos de cemento hidratado y no hidratado de la pasta cementante (PC), vistas con nicoles paralelos y nicoles cruzados, respectivamente (**A y B**).

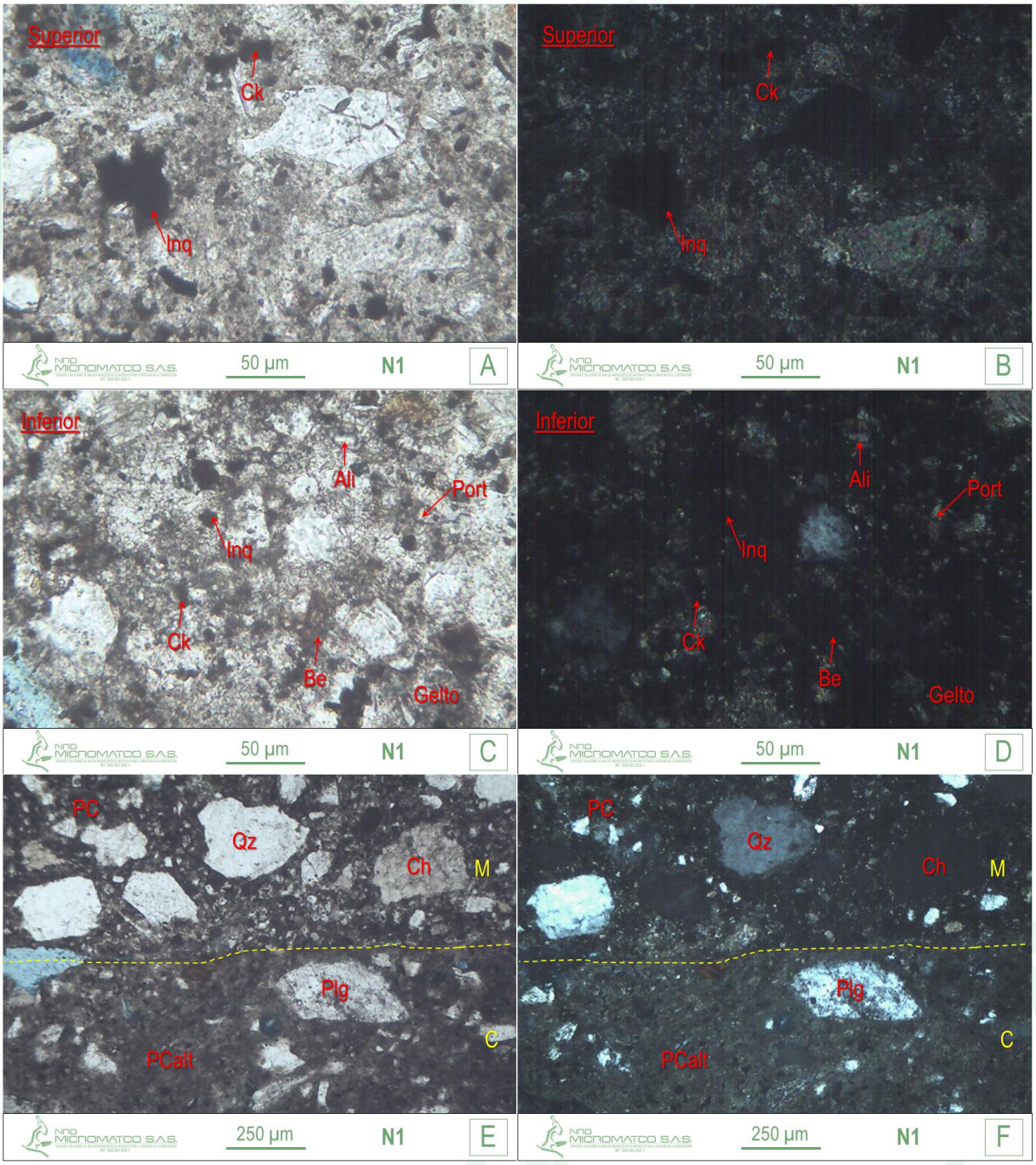


Figura 9. Microfotografías bajo el microscopio petrográfico en corte desde la superficie de la muestra N1 resaltando la distribución de los compuestos de cemento hidratado y no hidratado de la pasta cementante (PC) en la parte superior del mortero (**A y B**), en la parte inferior del mortero (**C y D**) y en el contacto del mortero (M) con el concreto (C) (línea punteada amarilla) (**E y F**) observándose en el mortero una distribución relativamente uniforme de compuestos de cemento hidratado y no hidratado (PC) con inquemados (Inq), cristales de belita (Be), alita (Ali), clinker residual (Ck), portlandita (Port) y gel de tobermorita (Gelto) y una pasta cementante alterada (PCalt) en el concreto (C) caracterizada por la concentración de microcristales de portlandita, vistas con nicoles paralelos y nicoles cruzados, respectivamente (**A, C, E y B, D, F**)..

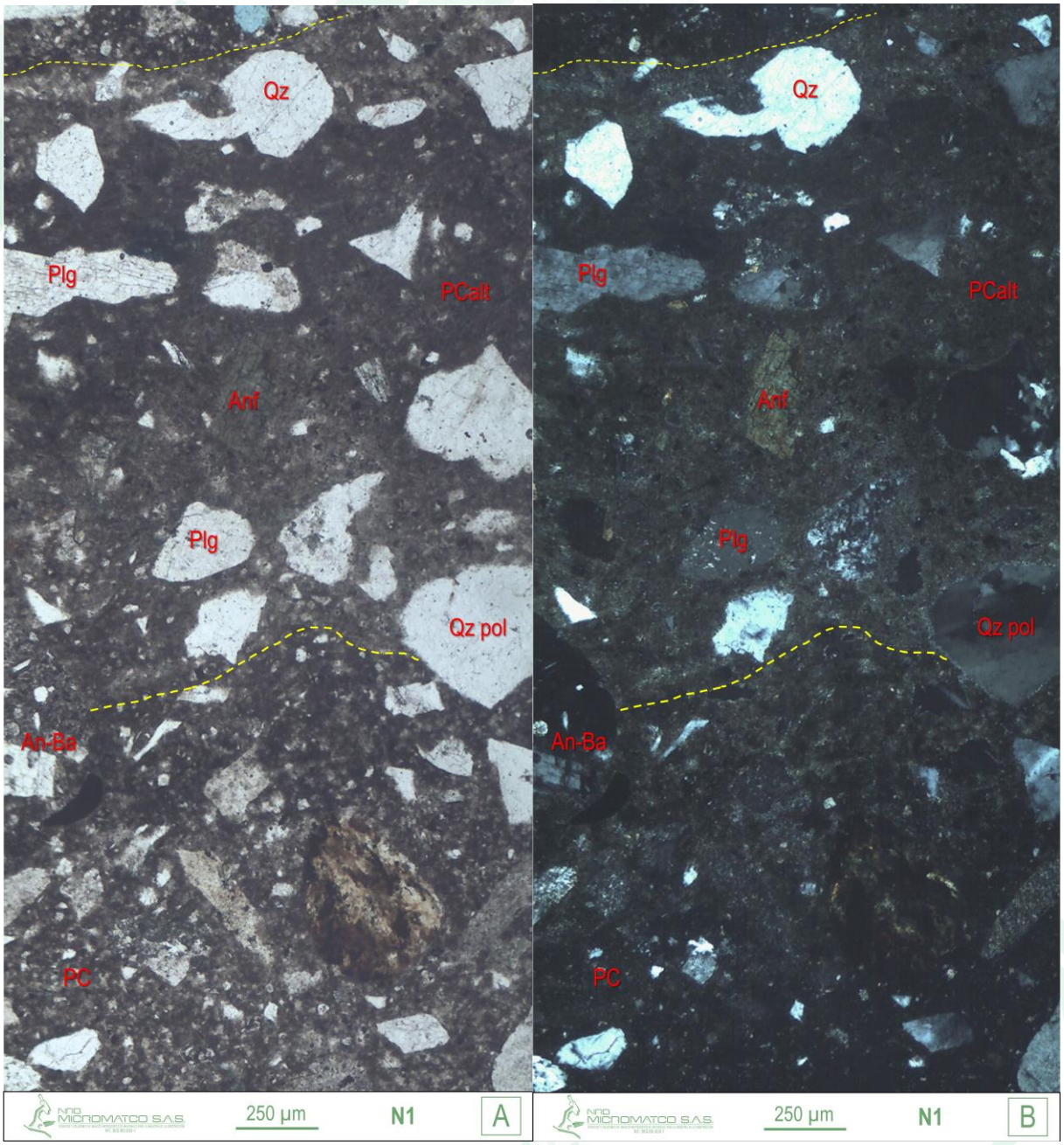


Figura 10. Microfotografías bajo el microscopio petrográfico en corte desde la superficie de la muestra de concreto N1 resaltando en el concreto la composición de algunos agregados gruesos y finos tales como andesitas basálticas (An-Ba), anfibol (Anf), cuarzo policristalino (Qz pol), plagioclasa (Plg) y cuarzo (Qz), además de la distribución de los compuestos de cemento hidratado y no hidratado detallando la pasta de cemento alterada (PCalt) caracterizada por la concentración de microcristales de portlandita (línea punteada amarilla) y sectores adyacentes en los que se observa una distribución relativamente uniforme de compuestos de cemento hidratado y no hidratado (PC), vistas con nicoles paralelos y nicoles cruzados, respectivamente (**A y B**).

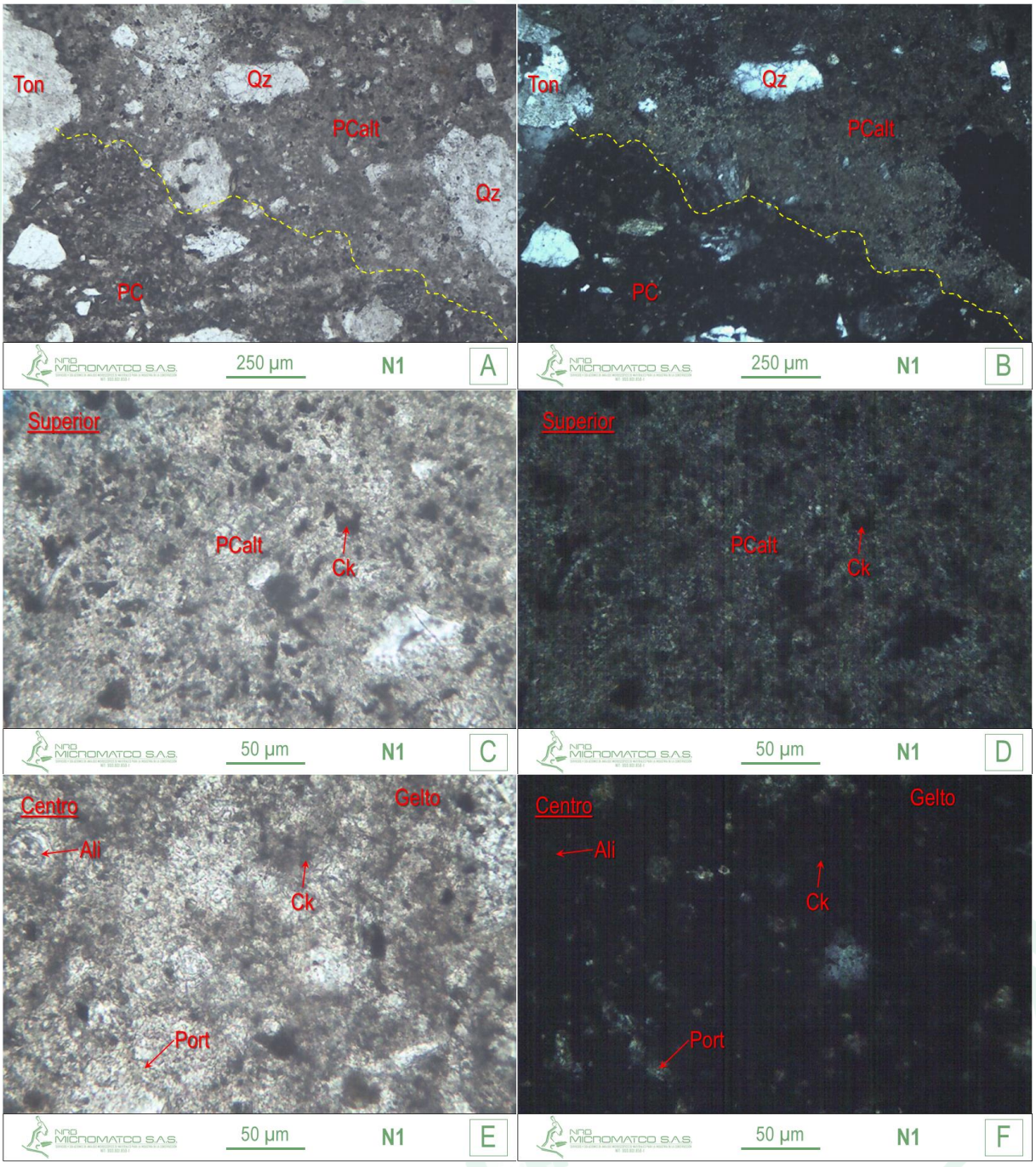


Figura 11. Microfotografías bajo el microscopio petrográfico en corte desde la superficie de la muestra N1 resaltando la distribución de los compuestos de cemento hidratado y no hidratado en la zona del contacto con del concreto con el mortero, detallando la pasta de cemento alterada (PCalt) caracterizada por la concentración de microcristales de portlandita (Mport), (línea punteada amarilla) detallando además la presencia fragmentos de tonalitas (Ton) y cuarzo (Qz) (**A, B, C y D**) y sectores en la parte central de la muestra en los que se observa una distribución relativamente uniforme de compuestos de cemento hidratado y no hidratado (PC) con cristales de alita (Ali) y clinker residual (Ck), portlandita (Port) y gel de tobermorita (Gelto) (**E y F**), vistas con nicoles paralelos y nicoles cruzados, respectivamente (**A, C, E y B, D, F**).

5. CONCLUSIONES

- En general, las muestras de acuerdo con el análisis cuantitativo en sección delgada de los principales constituyentes presentan relaciones de pasta – agregados (proporción entre estos dos constituyentes) tal como se indica a continuación:

	MUESTRAS	
	N1 (Mortero)	N1 (Concreto)
Relación pasta/agregados	1:1,5	1:2,9

- En la siguiente tabla se detalla la proporción promedio de los constituyentes del concreto en la muestra:

MUESTRA	AGREGADO GRUESO (%)	AGREGADO FINO *(%)	PASTA** (%)	VACIOS (%)	MICROPOROS Y GRIETAS (%)	TOTAL (%)
N1	28.0	41.4	28.3	2.1	0.3	100.0

**Agregado fino (partículas con tamaños que equivalen a pasa tamiz No 4 hasta pasa Tamiz No 100)*

*** Pasta cementante más adiciones*

- El agregado grueso del concreto corresponde a grava de origen natural con formas subangulares a redondeadas y subdiscoidales a subprismoidales. El agregado fino corresponde también a arena de origen natural presenta formas subangulares a redondeadas y subdiscoidales a prismoidales. Con una buena gradación y con un tamaño nominal superior observado de 13 mm el cual equivale al tamiz 1/2". En cuanto a su distribución, los agregados están relativamente bien distribuidos en la muestra.

- El agregado de la capa de mortero corresponde a fragmentos de cuarzo, cuarcita y chert, principalmente. Mientras que el agregado del concreto corresponde principalmente a fragmentos de diferente origen (sedimentario, metamórfico e ígneo) principalmente metareniscas, areniscas, andesitas basálticas y tobas, entre otros. También se observan fragmentos de plagioclasa y cuarzo. En cuanto al contacto de los agregados con la pasta de cemento, en general se encuentran bien adheridos a la pasta cementante.

- La muestra de concreto analizada por estimación visual presentó menos del 4% de vacíos de aire. Es de resaltar que los vacíos se encuentran distribuidos de en toda la masa de concreto. Así mismo, los vacíos están libres de depósitos secundarios.

- En la muestra N1 la capa de mortero, la pasta cementante presenta una tonalidad gris parduzco claro cuando se estudia bajo el estereomicroscopio y en el microscopio petrográfico en general exhiben un color marrón oscuro. Es importante resaltar que esta capa puede ser algún tipo de mortero de reparación.

- En el concreto se puede observar cambios de tonalidad desde la superficie de contacto con el mortero hacia el interior del núcleo. A nivel macroscópico se distinguen dos zonas; la primera hacia la parte más superior desde 5 mm y hasta una profundidad de 25 mm la cual presenta una tonalidad gris amarilloso. En el resto del núcleo la pasta cementante presenta una tonalidad gris oliva claro. A nivel microscópico en general exhiben un color marrón oscuro (primera zona) a un marrón claro (resto del núcleo).

- Debido a que el concreto en la muestra, presentan cambios de tonalidad desde la superficie de contacto del mortero hacia el interior del núcleo (desde 5 mm y hasta una profundidad de 25 mm), se puede presumir que este cambio puede indicar que se trata del fenómeno de carbonatación, aunque no se descarta que se trate de la afectación de otro agente agresivo que haya penetrado desde el exterior hacia el interior o que sea el efecto de otro tipo de fenómeno que alteró la pasta cementante.

- En la parte más superior de la muestra (desde 5 mm y hasta una profundidad de 25 mm), los compuestos de cemento no hidratado e hidratado se encuentran distribuidos de manera irregular, pues se observa una alta concentración de microcristales de portlandita. Mientras que, en los sectores internos de la muestra, en general los compuestos de cemento no hidratado e hidratado se encuentran distribuidos de manera regular.

- Se observó la presencia de inquemados (1,1% (mortero) y 2,1% (concreto)) como adición a la mezcla.

- El concreto en la muestra, descartando los sectores con una alta concentración de microcristales de portlandita (que corresponde con el 17,4% de la pasta cementante), y al recalcular el contenido de minerales de cemento no hidratado e hidratado (28,9% y 71,1%, respectivamente), se observa un moderado a alto contenido de compuestos de cemento hidratados. Se puede relacionar que la muestra de concreto tiene un moderado a alto grado de hidratación.

- Al momento del presente análisis, en la muestra no se observan reacciones deletéreas que involucren partes constituyentes de los agregados y la pasta (tales como la reacción álcali-sílice).

6. NOTA GENERAL

El presente informe, corresponde exclusivamente al análisis petrográfico de la muestra recibida y no a otro material de la misma procedencia. NRBMICROMATCO S.A.S. no se hace responsable si la muestra analizada y entregada por el cliente no es representativa de su fuente. Es importante aclarar que, para obtener una muestra representativa del material, su cantidad, tipo y profundidad dependerán de la complejidad de la obra, y deberá ser suficiente para dar el grado de confianza deseado en los resultados de los ensayos. NRBMICROMATCO S.A.S. no se hace responsable de las interpretaciones surgidas por la reproducción parcial del presente informe. Cualquier reclamación sobre los resultados se puede realizar durante los próximos 30 días posteriores a la entrega de este informe. Las contramuestras y residuos de preparación serán almacenados por un periodo de 45 días, posterior a esta fecha se eliminará dicho material sobrante.

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE LOS CONTENIDOS, sin el consentimiento y/o permiso explícito por escrito de la empresa NRBMICROMATCO S.A.S. como autor del presente informe.

7. NOTA DE CONFIDENCIALIDAD

NRBMICROMATCO S.A.S se compromete a mantener en absoluta reserva los resultados obtenidos.

FIN DEL PRESENTE INFORME