

Universidad de la República – Facultad de Ciencias

# Base de datos de mármoles ornamentales uruguayos: Caracterización, usos, y deterioro en el patrimonio arquitectónico de Montevideo.

Trabajo Final de Licenciatura en Geología

Estudiante: Alejandro Ginares

Tutora: Dra. Manuela Morales Demarco



2020

“Las únicas pruebas de la historia disponibles en todo momento a nuestros sentidos son las cosas hechas por los hombres.”

G. Kubler, 1962.

## Contenido

Agradecimientos.....	6
1. Resumen .....	7
2. Introducción.....	8
2.1. Rocas ornamentales. Historia del arte y la arquitectura.....	8
2.2. El mercado de las rocas ornamentales.....	13
2.3. Rocas Ornamentales en Uruguay.....	16
3. Objetivos y metodología .....	23
3.1 Objetivo General .....	23
3.2 Objetivos específicos .....	23
3.3 Metodología .....	23
3.3.1 Revisión bibliográfica .....	23
3.3.2 Diseño preliminar de base de datos.....	24
3.3.3 Relevamiento de aplicaciones y estado de deterioro .....	24
3.3.4 Análisis Petrográfico .....	26
3.3.5 Procesamiento de datos existentes no publicados .....	26
3.3.6 Control de calidad .....	27
4. Marco teórico.....	28
4.1 Aspectos estéticos.....	28
4.1.1 Color.....	28
4.1.2 Décor.....	29
4.1.3 Acabado superficial.....	31
4.2 Aspectos técnicos.....	33
4.2.1 Propiedades físicas .....	33
4.2.2 Propiedades mecánicas .....	35
4.2.3 Petrología y petrografía.....	40

4.3 Aspectos patrimoniales.....	45
4.3.1 Formas de deterioro de la piedra natural .....	46
5. Marco geológico .....	47
5.1 Basamento cristalino.....	47
5.2 Ubicación de yacimientos.....	48
5.3 Geología de los mármoles de Maldonado .....	51
5.4 Geología de los mármoles de Lavalleja .....	53
6. Resultados .....	55
6.1 Base de datos.....	55
6.1.1 Hoja de datos económicos y comerciales .....	56
6.1.2 Hoja de Aplicaciones y deterioro .....	57
6.1.3 Hoja de Petrografía .....	58
6.1.4 Hoja de Propiedades físicas.....	59
6.1.5 Hoja de Propiedades mecánicas.....	59
6.1.6 Hoja de Referencias.....	60
6.2 Datos económicos y comerciales .....	60
6.2.1 Descripción del décor.....	61
6.3 Aplicaciones y características generales de deterioro .....	76
6.4 Petrografía .....	81
6.4.1 Mármol Artigas .....	82
6.4.2 Mármol Blanco Ónix .....	83
6.4.3 Mármol Rosado .....	84
6.4.4 Mármol Negro Imperio.....	86
6.4.5 Mármol Blanco Perla .....	87
6.4.6 Mármol Nueva Carrara.....	88
6.4.7 Mármol Negro Charrúa.....	90

6.4.8 Mármol Blanco Sol .....	91
6.4.9 Mármol Amarillo de Minas .....	92
6.5 Propiedades físicas .....	94
6.6 Propiedades mecánicas.....	95
7. Discusión.....	96
7.1 Fidelidad de los datos .....	96
7.2 Consideraciones sobre el décor .....	97
7.2.1 Variedades no conocidas .....	97
7.2.2 Variaciones del décor.....	100
7.3 Petrografía .....	105
7.4 Propiedades físicas .....	106
7.5 Propiedades mecánicas.....	107
8. Conclusión.....	109
9. Bibliografía .....	113
Anexo I .....	131
Anexo II.....	132
Anexo III .....	133

## Agradecimientos

Luego de 8 años cursando la Licenciatura en Geología, me atrevo a decir que más que una carrera ha sido para mí toda una travesía. Escribo estas líneas con la satisfacción de haber aprendido a disfrutar de cada instancia.

Para comenzar, me gustaría agradecer a mi tutora, Manuela Morales Demarco, quien ha sabido ser tutora, profesora, compañera y amiga. Ella fue y será siempre para mí un referente en calidad humana, compromiso, y conocimiento.

Agradezco a Leda Sánchez por haberme ofrecido siempre una sonrisa y algún que otro chiste cuando más lo necesitaba y por animarme siempre a continuar pese a las adversidades.

No podría pasar por alto la experiencia que tuve junto a Gonzalo Tancredi y Thomas Gallot con quienes compartí más de dos años en el laboratorio, y que me enseñaron la importancia de la interdisciplina.

Al equipo de la gerencia de producción y exploración de ANCAP, gracias por el ánimo y la inspiración para seguir en este camino de la geología.

Gracias a todos los compañeros con los que he compartido clases, salidas de campo y actividades extracurriculares. Por todos los momentos compartidos, los buenos y los no tanto, por los acuerdos y desacuerdos, por los miles de enriquecedores intercambios, y muy especialmente gracias por la buena onda que se respira en la Facultad.

Por último, quiero agradecer muy especialmente a mi familia y amigos por haberme apoyado en todo momento durante esta larga travesía.

## 1. Resumen

Uruguay cuenta con una variedad interesante de rocas ornamentales, que van desde rocas graníticas de gran resistencia a mármoles con diferentes colores e interesantes diseños. Es gracias a esto que en Montevideo se han utilizado numerosas rocas ornamentales nacionales para adornar edificios emblemáticos y para la construcción de bienes culturales en general. A la fecha han sido explotados como ornamentales alrededor 30 variedades de granitos y más de 50 variedades de mármol. Si bien los granitos ornamentales nacionales son bien conocidos y han sido estudiados con gran nivel de detalle (Morales Demarco, 2012), los mármoles han sido solo parcialmente abordados, dificultando en gran medida estudios sobre algunas de estas rocas y conformando un gran obstáculo a la hora de planificar acciones de recuperación, restauración y/o reconstrucción de los bienes culturales en donde estas fueron empleadas.

En el presente trabajo se construyó una base de datos de mármoles ornamentales nacionales con información técnica (décor, petrografía, localización de depósitos, etc.), así como información sobre sus aplicaciones en bienes culturales, y deterioro, de forma que sirva como una herramienta no solo para la revalorización de este recurso sino también para el mejoramiento de la gestión patrimonial. En la misma se reconocieron 39 variedades comerciales de mármol, lográndose identificar 19 depósitos y 28 bienes patrimoniales donde estas fueron empleadas, mostrando deterioros generalmente bajos en las aplicaciones interiores, mientras que las aplicaciones exteriores muestran respuestas variadas dependiendo de la variedad considerada.

## 2. Introducción

### 2.1. Rocas ornamentales. Historia del arte y la arquitectura.

De acuerdo con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (Dolley, s.f.), las rocas ornamentales pueden ser definidas como un material rocoso natural que es extraído con el propósito de obtener bloques o planchas que satisfagan criterios específicos en cuanto a su tamaño, forma y estética. Idealmente deben poder obtenerse cuerpos de gran dimensión (escala métrica), con formas regulares delimitadas por ángulos rectos, y en cuyo volumen se mantenga constante, y más o menos homogéneo, un patrón de color y fábrica. La capacidad del material de conseguir un acabado pulido, su resistencia mecánica, y durabilidad, son otros criterios que suelen ser requeridos para su selección.

En la industria de las rocas ornamentales se suelen adoptar algunos términos propios de la geología y se los resignifica para agrupar conjuntos de rocas de características estéticas similares (Siegesmund & Snethlage, 2011). En este sentido las denominaciones comerciales más comunes son las de “granito” y “mármol”. El nombre “granito” se utiliza en esta industria para designar de forma genérica a una roca natural, compacta, y con cristales distinguibles a ojo desnudo, de esta forma se engloban: granitos sensu stricto, sienitas, gabros, granodioritas, y hasta milonitas. Por otra parte, el término “mármol” es empleado para hacer referencia a una roca natural, más o menos compacta, y en la cual generalmente no se reconocen cristales individuales a simple vista, se incluyen bajo esta denominación, no solo los mármoles propiamente dichos, sino que también calizas, dolomías, y hasta serpentinitas. Las rocas ornamentales que contienen características de ambas categorías, tales como los conglomerados, o migmatitas, son comercialmente conocidas como rocas exóticas (A. Abbate, comunicación personal, 2016).

Las rocas ornamentales son un recurso mineral que ha formado parte del patrimonio arquitectónico y cultural de la humanidad casi desde sus comienzos. Los registros de la cercana relación del ser humano con este recurso pueden encontrarse en todo el mundo y desde el Paleolítico Superior hasta nuestros días (Siegesmund & Snethlage, 2011). Algunos de los primeros registros de la utilización de las rocas con propósitos ornamentales están representados por la escultura Paleolítica europea, tal es el caso de la Venus de Willendorf, tallada en piedra caliza, y con una edad estimada entre los 22.000 y 24.000 años (Witcombe, 2013) (Ver Fig. 1).

Durante el Neolítico las primeras civilizaciones tuvieron una estrecha y significativa relación con las rocas ornamentales, dejando registro de numerosos monumentos megalíticos como la alineación de menhires en Le Ménec, Carnac, Bretaña (Power, 1997); o Stonehenge, en el condado de Wiltshire, Inglaterra, que datan del 4300 a. C. y 3100 a. C. (Legge, 2012), respectivamente. Un poco más adelante en la historia, en Egipto, encontramos la Gran Esfinge de Guiza, montada y esculpida en bloques de caliza, y que data del 2600 a. C. (Dunford et al., 2007), construida para inmortalizar el rostro del faraón.

En la Grecia Antigua el uso de las rocas ornamentales tuvo un notorio auge. Con la mayor tecnificación del transporte asociado al comercio comenzó a ser posible la utilización de rocas ornamentales foráneas, y el perfeccionamiento de las técnicas de tallado y acabado permitieron lograr piezas de exultante belleza (Siegesmund & Snethlage, 2011). El mármol blanco fue sin duda el preferido de los escultores de la Antigua Grecia, esto debido a su capacidad de adquirir con el pulido un aspecto casi traslúcido y gran brillo, ejemplo de ello es la estatua de la Diosa Afrodita conocida como Venus de Milo, creada entre los años 130 a. C. y 100 a. C. (Pasquier, 1985) (Ver Fig. 1).

Durante la Edad Media en Europa la necesidad de protección y seguridad ante ataques enemigos llevó a los señores feudales a ordenar la construcción de numerosos castillos y murallas, los cuales eran erguidos generalmente en piedra

por su durabilidad y rigidez (Lampérez y Romea, 1908). También el sistema feudal impulsó la construcción de palacios que sirvieran como centros de operaciones y vivienda de los nobles, allí el uso de las rocas era justificado no solo por su resistencia sino también por sus valores estéticos, estando muchos palacios revestidos con piezas pulidas y adornados con esculturas en roca (Liddiard, 2005). En este período el poder de la Iglesia Católica y su relación con los señores feudales y reyes llevó a la construcción de impresionantes catedrales, siendo la ostentosa decoración un factor común a todas ellas y en donde las rocas ornamentales tomaron un rol protagónico. El estilo arquitectónico gótico que caracteriza a muchas de estas construcciones se destacó también por erigir estructuras de gran altura, para las cuales se utilizaba la roca como material predilecto dada su gran resistencia mecánica (González et al., 2010). Uno de los ejemplos más destacados del uso de rocas ornamentales durante esta etapa es la Catedral de Nuestra Señora de la Asunción de Siena, construida entre los años 1220 y 1263 totalmente recubierta interna y externamente por franjas horizontales que alternan mármol blanco y negro (Siena Opera Della Metropolitana, s.f.) (Ver Fig. 1).

En la Edad Moderna se continuó con el uso de las rocas ornamentales para las obras más simbólicas, inspirándose muchas veces en el clasicismo de la Antigüedad y otras tantas en la arquitectura gótica medieval. Así, desde el Neolítico, y hasta avanzada la Edad Moderna, la madera, el barro, y los cementos y morteros fueron generalmente usados para la construcción de viviendas, graneros, y establos, mientras que las rocas fueron empleadas casi exclusivamente para la construcción de las obras mayores y de más importancia, siendo generalmente aquellas destinadas al culto o erigidas por la nobleza y la burguesía. La elección de la roca como material de construcción en este contexto fue motivada principalmente por su gran durabilidad y estética, simbolizando estatus, poder y eternidad (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Pese a los cambios que sufrió la industria de la construcción posteriores a la revolución industrial y el surgimiento del cemento portland a comienzos del siglo

XIX, la tradición y simbolismo de los materiales pétreos siguen presentes hasta hoy en día. Así, las rocas ornamentales continúan siendo ampliamente usadas en las más grandes obras postmodernas, tales como el Hotel Burj al Arab cuyos interiores están decorados en Mármol Blanco Macael de España (Sociedad Española para la Recuperación y Conservación del Patrimonio, s.f.) (Ver Fig. 1).

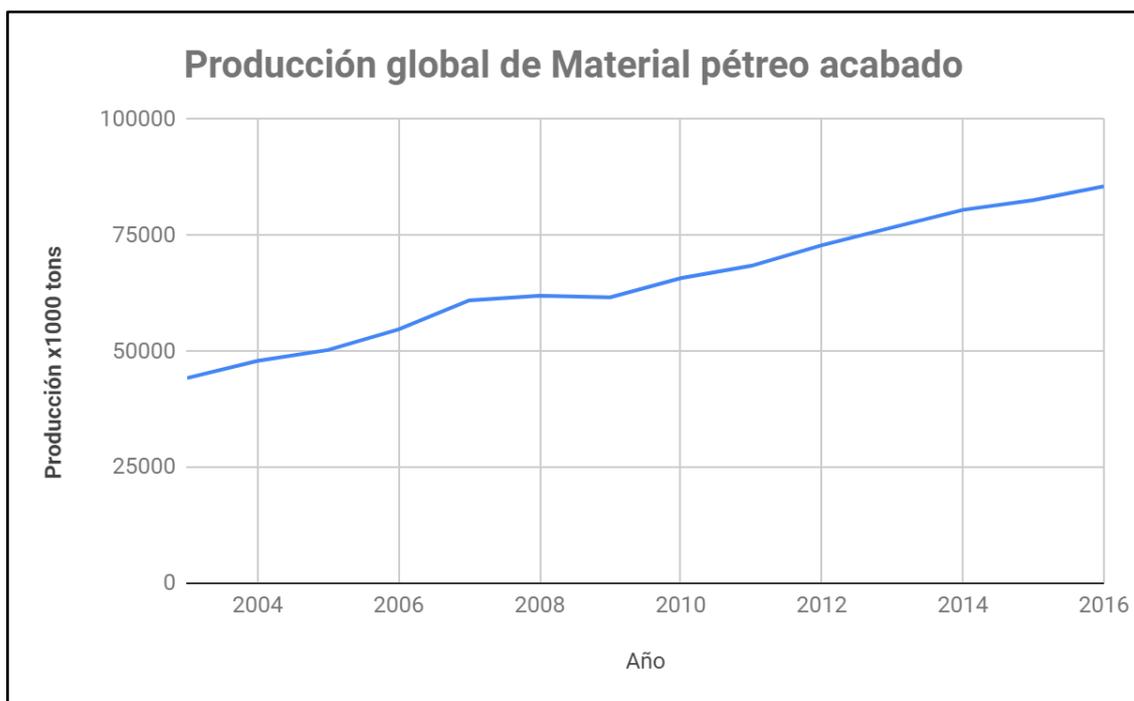


*Fig. 1. Uso de las Rocas Ornamentales a través del tiempo. A- Venus de Willendorf, tallada en caliza, 23 - 24 mil años de antigüedad (Kabel, 2007). B- Venus de Milo, tallada en mármol, data del 130 a. C. - 100 a. C (Imaginario, s.f.). C- Catedral de Siena, construida entre los años 1220 y 1263, revestida en franjas alternadas de mármol blanco y negro (Spekking, 2013). D- Interior del Hotel Burj al Arab, construido en 1999 con paredes y pisos revestidos en mármol de Macael (Gryffindor, 2008).*

## 2.2. El mercado de las rocas ornamentales.

Al 2015 la industria de las rocas ornamentales tuvo un volumen mundial de negocios aproximado de entre setenta y noventa mil millones de dólares americanos al año, y ha mantenido una tasa de crecimiento anual de entre un 7% a un 9% desde 1980 (Cosi, 2015).

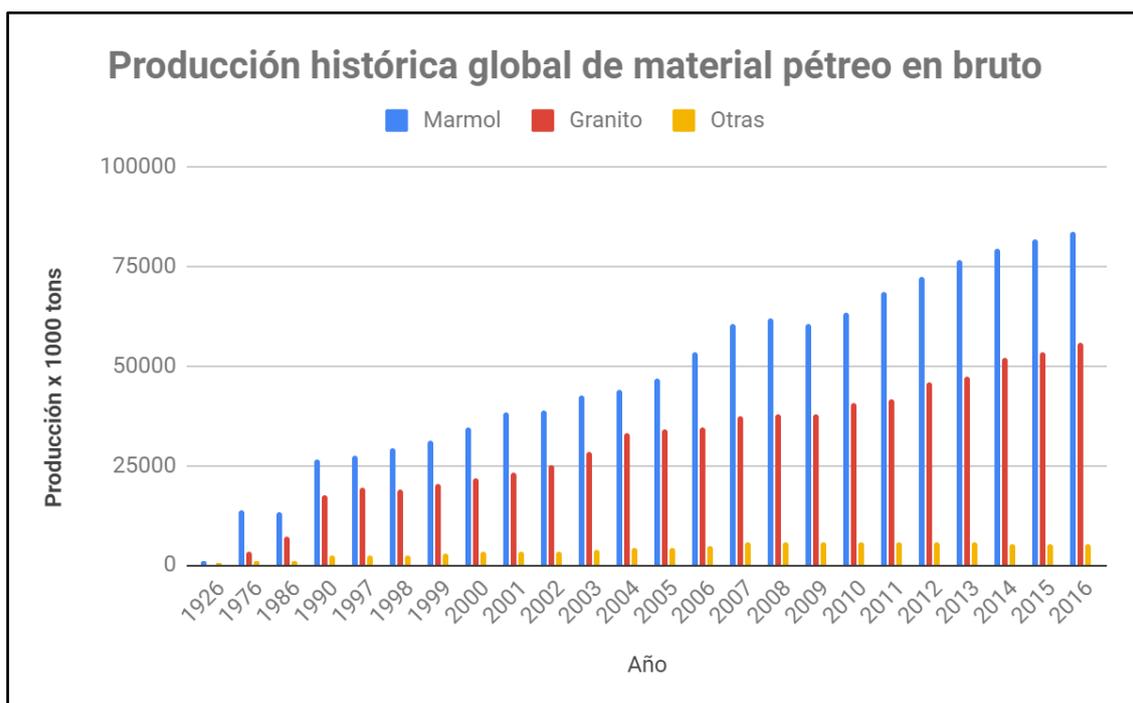
La producción de rocas de aplicación (rocas ornamentales) es mayormente (80%) destinada a la industria de la construcción, seguida muy por detrás (15%) por la industria funeraria (Ashmole, 2008), debido a esto el crecimiento de esta industria está fuertemente condicionado al de la construcción. Dada esta relación se entiende que el boom de la economía China, el crecimiento económico global posterior a la crisis financiera del 2008, y la fuerte apuesta al desarrollo de la industria de la construcción en el Medio Oriente, son factores que han contribuido al crecimiento que ha tenido la industria de las rocas ornamentales en los últimos años (Marmomacc Observatory and Confindustria Marmomacchine, 2016) (Ver Fig. 2).



*Fig. 2. Evolución anual de la producción global de rocas ornamentales acabadas. Modificado de Montani (2017).*

Si bien el crecimiento de los volúmenes de producción de rocas ornamentales en el mundo ha sido común a todos los tipos de roca, los mármoles han sido históricamente los más demandados y producidos, representando en la actualidad más de 57% del mercado (Montani, 2017) (Ver Fig 3).

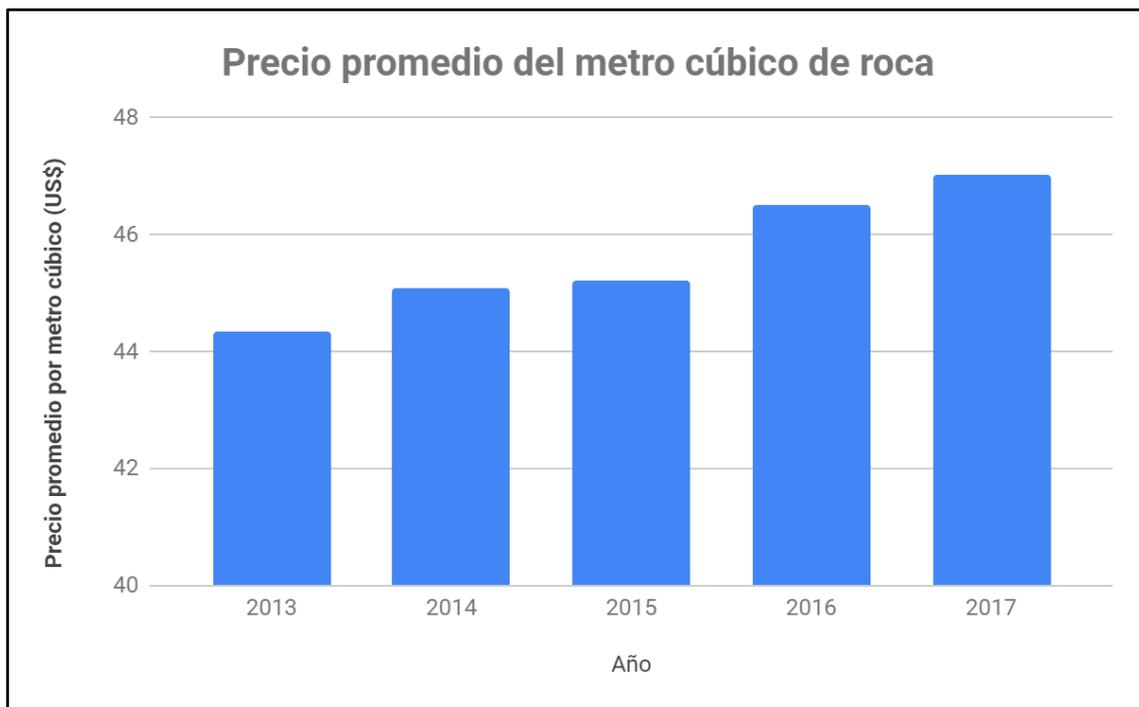
Los mayores productores de rocas ornamentales son China, India, Turquía, Brasil, Irán, Italia, Egipto, España, Estados Unidos, Portugal, Francia, Arabia Saudita, Grecia y Pakistán. Por otro lado, los países con mayor demanda de estas son China, Estados Unidos, India, Italia, España, Corea del Sur, Alemania, Francia, Japón, Taiwán, Brasil y Reino Unido (Montani, 2017). Esto indica que aquellos países en donde las rocas de aplicación son más demandadas son también aquellos en los que normalmente se concentra la producción.



*Fig. 3. Evolución histórica de la producción mundial de material pétreo ornamental en bruto. El mármol ocupa históricamente más de un 50% de la producción total. Modificado de Montani (2017).*

En Italia, la industria de las rocas ornamentales ha registrado un gran crecimiento en los últimos años, batiendo un récord de volumen de negocios en 2015 cuando

llegó a 3,2 mil millones de Euros. Este crecimiento estuvo guiado principalmente por la exportación de material acabado y semiacabado, el cual representó un 80% del valor total de las exportaciones (Marmomacc, 2016). Por su parte el mercado estadounidense también ha reportado cifras favorables en los últimos años tanto en volumen de producción como en valor promedio del material (Montani, 2017) (Ver Fig. 4).



*Fig. 4. Variación anual del precio promedio del metro cúbico de roca en el mercado estadounidense. Modificado de Montani (2017).*

El mercado de las rocas ornamentales ha sido tradicionalmente uno con enormes y desafiantes diversidades, englobando tanto a productores artesanales como a compañías con volúmenes de producción considerablemente grandes. Sin embargo, el crecimiento de este sector en los últimos años ha atraído la atención de profesionales e inversionistas que han desarrollado y perfeccionado técnicas para la exploración y explotación de este recurso, apostando al desarrollo de la industria. Así es como desde el 2011 muchas compañías dedicadas a la producción de rocas de aplicación han comenzado el proceso para cotizar en bolsa, principalmente en las bolsas de Hong Kong y Londres (Cosi, 2015).

Los datos señalan que las rocas ornamentales, y en particular el mármol, son un recurso mineral de gran valor y con una buena potencialidad a ser desarrollada en los próximos años. El crecimiento de la producción, suba de precios, y la entrada en bolsa de algunas compañías del sector son buenas señales que sugieren que el volumen de negocios asociado a este recurso seguirá creciendo y que la industria ornamental goza de buena salud.

### 2.3. Rocas Ornamentales en Uruguay.

La explotación de rocas de aplicación en Uruguay tiene una historia casi tan antigua como la propia historia de la nación, desde mediados del siglo XVIII con la construcción de la Muralla de Montevideo, el Fuerte San Miguel, y la Fortaleza de Santa Teresa, entre otros (Giménez, 2003).

No más de un siglo después, ya eran conocidos y explotados algunos yacimientos de mármol al sureste del país en los departamentos de Maldonado y Lavalleja (Abbadie, 2013). Ejemplo de ello es la histórica cantera de Burgueño, actual Nueva Carrara, que comenzó siendo explotada por la Calera de la Aguada (Villemur Hnos.) para la elaboración de cal en 1847 (López, 1925). Los interesantes diseños y atractivos colores del yacimiento de Nueva Carrara condujeron a su explotación como material de ornamentación por primera vez hacia 1859 cuando columnas de este mármol fueron empleadas para la fachada del Banco de Londres & Río de la Plata (Arrighetti & Gianotti, 2012).

En 1911 el Presidente de la República José Batlle y Ordoñez manifestó su intención de utilizar mármoles para el revestimiento del Palacio Legislativo con el fin de darle al mismo un carácter más suntuoso. Esta voluntad fue tomada por el arquitecto Moretti, encargado de la obra, quien en 1915 se declaró partidario de utilizar para dicho fin los mármoles de Nueva Carrara (Bausero, 1968) (Ver Fig. 5). Esta decisión propulsó en el país un gran interés sobre las rocas

ornamentales nacionales, y en especial sobre los mármoles, y un consecuente aumento de la producción de este recurso.

El aumento de la producción de mármoles ornamentales nacionales, junto con el empleo de estos para el revestimiento del Palacio Legislativo, incentivaron la elección de estos materiales para la ornamentación de una vasta cantidad de edificios, residencias privadas, monumentos, y bienes culturales en general en todo Montevideo. Muchos de estos bienes sobreviven aún en la ciudad y revisten un gran valor patrimonial, estando en muchos casos en el listado de *Monumentos Históricos*, *Bienes de interés Departamental* y *Bienes de Interés Municipal* (Comisión de Patrimonio Cultural de la Nación, s.f.) de la Unidad de Protección del Patrimonio de la Intendencia de Montevideo. Ejemplo de esto es el caso de la Escultura de la Conciliación, conocida como Estatua de la Libertad, ubicada en la Plaza Cagancha cuyo fuste fue tallado en un solo bloque de 5,3 metros de Mármol Gris N. (Bossi, 1969) (Ver Fig. 6).



*Fig. 5. Revestimiento interior del Salón de los Pasos Perdidos del Palacio Legislativo de Montevideo. A- Columnas y alfombra de piedra que combinan mármol de Nueva Carrara y otras variedades nacionales de mármol. B- Foto en detalle de Mármol de Nueva Carrara (superior derecha) y Mármol Verde de Nueva Carrara (inferior izquierda).*



*Fig. 6. Escultura de la conciliación, Plaza Cagancha de Montevideo. Izquierda- Vista general del monumento. Derecha- Vista en detalle del mármol Gris N empleado para el fuste de la escultura.*

El desarrollo, hacia comienzos del siglo XX, de una industria nacional de la roca ornamental de considerable importancia llevó a la apertura de una gran cantidad de canteras, y por ende a la realización de numerosos estudios e informes en la materia (Walther, 1912; Marstrander, 1914; Walther 1925; Walther, 1928). A la fecha han sido explotados como ornamentales alrededor de 3 decenas de granitos y una cantidad superior de mármoles. Si bien los granitos ornamentales nacionales son bien conocidos y algunos han sido estudiados con gran nivel de detalle (Morales Demarco, 2012), los mármoles han sido solo parcialmente abordados dadas las grandes complejidades que encierran.

Una de las dificultades del abordaje de los mármoles ornamentales nacionales es que muchos de los depósitos tienen una enorme variación lateral de color y

diseño (Ver Fig. 7), por lo que una misma cantera podía producir más de una variedad comercial. Ejemplo de esto es el depósito de donde se extrajeron las variedades conocidas como Mármol Artigas, Bolívar, Maciel, San Martín, Blanco Sol y Sirius (Cervieri, 1967). Además, dada la falta de un registro de los nombres comerciales de cada variedad de mármol, diferentes productores asignaban nombres comerciales diferentes a una misma variedad, tal fue el caso del mármol Gris N, el cual también fuera conocido como Gris Narancio o Venice Grey.



*Fig. 7. Placa de mármol de 50x100 cm. Revestimiento de pared interior, Palacio Salvo, Montevideo. Se observa el pasaje entre las variedades Artigas (Superior izquierda) y San Martín.*

Bossi (1969; 1978) publica un primer registro fotográfico de las variedades comerciales de mármol ornamental nacionales, comprendiendo a doce de éstas; y donde menciona el gran potencial de este recurso y la necesidad de estudios más detallados en la temática.

En 1987 la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) publica la Carta de Materias Primas Minerales No Metálicas, en su memoria explicativa se da una lista de los mármoles que eran explotados en el país en ese año junto con una descripción de sus características de color y fábrica. Sin embargo, allí mismo se menciona que dichas variedades comerciales no son la totalidad de

las que se encuentran en el país, además no se dan datos sobre la ubicación de los depósitos, productores, ni otras características de los materiales. Más adelante, en la década de 1990, con el fin de disponer de información ordenada de las rocas ornamentales nacionales para su eventual colocación en el mercado internacional, fue publicado un catálogo (Comunità Economica Europea, s.f.). Este solo toma en consideración siete ejemplares de las decenas de mármoles ornamentales nacionales y no hace referencia a la relación de éstos con las emblemáticas obras en donde se los ha empleado.

El mármol fue tradicionalmente el material predilecto en Uruguay para la ornamentación hasta 1960 cuando comenzó a ser paulatinamente desplazado por el granito (Carmignani, 1998). Esto, a su vez, trajo aparejado un descenso continuo de la producción nacional de mármol (Ver Fig. 8). Hoy en día existe solo una cantera activa, la cantera de mármol Blanco Perla (Piedrahita Hnos.), y la producción es casi nula.



*Fig. 8. Producción histórica de mármol nacional. Fuente: Ministerio de Industria y Energía, Estadísticas (1978 - 2011); Instituto Nacional de Estadística, Anuarios (2011 - 2018); Bossi & Navarro, 2000.*

Las dificultades de la industria del mármol ornamental nacional fueron reportadas en numerosos informes realizados por diversos organismos estatales (Ministerio de Economía y Finanzas, 1982; Ministerio de Relaciones Exteriores, 1982; DINAMIGE, 1989), así como en informes de profesionales (Scheer, 1963). Todos estos remarcaban como principales dificultades la mala promoción del producto, escasa tecnología de producción, carencia de una producción organizada y falta de estudios geológicos en las áreas productoras. Es entendido además por algunos ex productores que los costos de la explotación en Uruguay fueron demasiado altos y no permitieron competir con los precios de los materiales importados de Brasil, esto coincide con la fuerte inversión en tecnología de producción que realizó el vecino país en la década del 1990 y que propició un rápido crecimiento de su industria ornamental (Harold, 1995).

## 3. Objetivos y metodología

### 3.1 Objetivo General

El objetivo general del presente trabajo fue el de construir una base de datos de los mármoles ornamentales explotados en Uruguay que contenga toda la información disponible en la actualidad sobre los mismos.

### 3.2 Objetivos específicos

Para llevar a cabo este trabajo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de datos sobre las variedades comerciales de mármol nacional históricamente explotadas para uso ornamental.
- Diseño de una base de datos capaz de contener, de forma organizada, toda la información obtenida en el punto anterior y la generada durante este trabajo.
- Relevamiento de estado de deterioro general de las rocas estudiadas, y respectivo registro fotográfico.
- Descripción del décor de las diferentes variedades comerciales.
- Análisis petrográfico de aquellas variedades de las que fuera posible obtener muestras.
- Ingreso de los datos en la base.

### 3.3 Metodología

#### 3.3.1 Revisión bibliográfica

El trabajo consistió en primera instancia en una extensa y minuciosa revisión bibliográfica de forma de reunir toda la información actualmente existente sobre los mármoles ornamentales uruguayos. Para ello se consultaron fuentes muy diversas, desde artículos y publicaciones científicas y de divulgación, hasta periódicos, libros y revistas, anuarios de los Ministerios de Industria, Economía,

y Relaciones Exteriores, cartografía histórica y actual, archivos de las facultades de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Ingeniería, Agronomía, y Ciencias, de la Universidad de la República, así como también de la Biblioteca Nacional y Biblioteca del Palacio Legislativo, entre otras fuentes.

Con la información obtenida durante la revisión bibliográfica fue posible llegar a un reconocimiento inicial del estado de situación que permitió diseñar el abordaje de los pasos siguientes.

### 3.3.2 Diseño preliminar de base de datos

En función de la información obtenida durante la revisión bibliográfica, se realizó un diseño preliminar de la base de datos con campos de información geológica, comercial, técnica, histórica, y patrimonial. La estructura de la base de datos fue pensada de forma tal que contuviese toda la información relevada, y considerando los datos que se generarían durante las posteriores instancias del trabajo.

Se asignó a cada variedad comercial un código identificador mediante el cual fuera fácil correlacionar los campos de datos de las diversas hojas de la base. Esta base de datos preliminar sirvió como un insumo importante para orientar la metodología posterior.

### 3.3.3 Relevamiento de aplicaciones y estado de deterioro

Gracias a la confección de la base de datos preliminar, se pudo elaborar un plan de trabajo para llevar a cabo el relevamiento de todos aquellos bienes culturales donde existía registro de los mármoles nacionales empleados con fines ornamentales. Dicho plan de trabajo consistió en: trabajo previo de gabinete, relevamiento de aplicaciones y estado de deterioro, trabajo de gabinete final.

El trabajo de gabinete previo se resume en:

- Determinación de la ubicación de los bienes culturales incluidos en la base de datos preliminar.
- Utilización de la plataforma *Google Street View* para constatar que dichos bienes no hubiesen sido demolidos o reubicados.
- Revisión de la base de datos de los Monumentos Históricos Nacionales del Departamento de Montevideo de la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación, y selección de aquellos que se presumía podían contener mármoles ornamentales nacionales.
- Elaboración de una lista de bienes a relevar.
- Diseño de una planilla de relevamiento de aplicaciones y estado de deterioro (Ver Anexo I)

El relevo de las aplicaciones en los bienes seleccionados, y del estado de deterioro de los mármoles que en ellas se utilizaron, se llevó a cabo siguiendo la planilla elaborada en la fase de gabinete previa. Adicionalmente fueron relevados, siguiendo el mismo criterio, construcciones de menor valor patrimonial pero que tenían un destacado uso de mármoles nacionales.

En total se relevaron 28 bienes culturales pertenecientes a la lista de Monumentos Históricos Nacionales del Departamento de Montevideo de la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación, y secundariamente, un número similar de bienes con usos destacados.

Durante las tareas de relevo de aplicaciones y estado de deterioro, se tomaron muestras para la elaboración de láminas delgadas para la realización de análisis petrográficos. Dichas muestras fueron tomadas exclusivamente de edificios que no revistieran un destacado valor patrimonial, y solo se tomaron muestras en aquellos lugares donde se encontraron piezas sueltas y caídas.

El trabajo de gabinete final consistió en la digitalización de la información relevada, y la carga de esta en la base de datos preliminar.

### 3.3.4 Análisis Petrográfico

Se confeccionaron láminas delgadas de aquellas variedades comerciales de mármol nacional de las cuales se pudo obtener muestra. Para ello, con una cortadora de disco se cortaron las rocas formando prismas pequeños, y se pulió una de las superficies de estos; posteriormente se adhirieron con resina epoxi los portaobjetos a las superficies pulidas de cada prisma (evitando la formación de burbujas), una vez seca la resina, se cortó el prisma dejándole un grosor de unas 300 micras, y por último se realizó un desbastado hasta obtener un grosor de 30 micras. En todos los casos las láminas delgadas se dejaron sin cubreobjetos para poder posteriormente realizar tinción con rojo de alizarina.

Dichas láminas delgadas fueron observadas en un microscopio de luz polarizada Nikon Eclipse 5iPol, perteneciente al área de Geociencias de PEDECIBA, para la realización de una descripción petrográfica, además de la toma de fotomicrografías.

Por último, las láminas delgadas fueron teñidas con rojo de alizarina. Para esto, las láminas, limpias y secas, fueron sumergidas en el reactivo para posteriormente dejarlas secar. De esta manera, se determinó la presencia y porcentaje de calita en las láminas, ya que este mineral es teñido de rojo por el reactivo.

Los datos generados en esta instancia fueron cargados a la base de datos preliminar, y se sumaron entonces a los ya existentes y los relevados en los pasos anteriores.

### 3.3.5 Procesamiento de datos existentes no publicados

La docente Dra. Manuela Morales Demarco proveyó, para el presente trabajo, resultados de análisis físicos y mecánicos realizados en algunas variedades de

mármol nacional, que llevó a cabo durante su doctorado (Morales Demarco, 2012) pero que no tuvo oportunidad de procesar ni publicar. Dichos datos fueron obtenidos en los laboratorios del Departamento de Geología Estructural y Geodinámica del Centro de Geociencias de la Universidad de Göttingen, y del laboratorio de AMPA (Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen) de la Universidad de Kassel, siguiendo las normas alemanas establecidas por el DIN (Deutsches Institut für Normung).

Estos datos fueron procesados durante este trabajo para obtener la caracterización petrofísica y mecánica de las muestras analizadas. Finalmente, los resultados obtenidos fueron adicionados a la base de datos preliminar.

### 3.3.6 Control de calidad

En esta última instancia se procedió a realizar un control de calidad de las hojas y campos de datos de la base preliminar, y se realizaron correcciones sobre la estructura de esta para lograr una óptima organización de la información, obteniéndose así la base de datos definitiva.

## 4. Marco teórico

La caracterización de las rocas ornamentales requiere del entendimiento de un conjunto complejo de propiedades que combinan aspectos técnicos y estéticos, ya que el valor de este recurso depende directamente de ambos. Cuando se trata con aplicaciones de rocas ornamentales en construcciones y obras de arte de alto valor patrimonial, es también necesario contemplar el valor agregado que estas toman en dicho contexto, ya que pasan a ser parte de un bien que constituye parte de la identidad de un pueblo.

### 4.1 Aspectos estéticos

Desde un punto de vista arquitectónico las rocas ornamentales son elegidas principalmente en función de su estética, y generalmente de acuerdo con tendencias de diseño. La estética final de un material pétreo natural está dada por tres elementos principales: décor (color y fábrica), y acabado superficial.

#### 4.1.1 Color

En el mercado global es sumamente común que los nombres comerciales por los cuales son conocidas las diferentes variedades de rocas ornamentales contengan la denominación de su color predominante, ejemplo de esto podrían ser el Mármol Rojo Alicante, Mármol Rosa Atenas, o Mármol Verde Alpes, solo por nombrar unos pocos (Siegesmund & Snethlage, 2011). Esto es debido a que el color, o combinación de colores, de una roca ornamental suele ser el primer criterio de selección comercial, y allí está dada su importancia.

El color depende de varios factores que incluyen: presencia de minerales idiocromáticos, pigmentación debido a inclusiones, partículas orgánicas o inorgánicas, y la fábrica de la roca (Siegesmund & Snethlage, 2011). Todos estos factores son controlados por los procesos de formación de la roca en cuestión.

A modo de ejemplo, podemos considerar el Mármol de Carrara, caracterizado por un color blanco homogéneo que es debido a su composición calcítica sin impurezas, y que es atravesado por venas grises que corresponden a inclusiones fluidas y partículas de grafito (Ruedrich et al., 2002).

La coloración de una roca ornamental es susceptible de sufrir cambios a lo largo del tiempo debido a la acción de factores externos. La colonización biológica, el desarrollo de costras y patinas, y los procesos de alteración química de los minerales constituyentes de la roca, son algunos de los mayores problemas que afectan a las rocas ornamentales produciendo cambios en su coloración, especialmente en las aplicaciones en exteriores (Matias, 2002).

#### 4.1.2 Décor

El décor de una variedad de roca ornamental está determinado por su color y fábrica (Hoffmann, 2006), es decir, el color, arreglo, forma y estilo de todos los elementos que componen a la roca, y que le confieren el característico aspecto que permite diferenciarla de otras variedades.

Alguno de los elementos más importantes de la fábrica a considerar respecto al décor de una roca ornamental son:

- Forma, tamaño y arreglo de los granos
- Estructuras como estratificación, bandeado, laminación, foliación, etc.
- Presencia de xenolitos, oquedades, amígdalas, etc.
- Ocurrencia de venas, estilolitos, budines, etc.

En el caso particular de rocas que presentan patrones geométricos como una foliación o estratificación, el décor de la pieza obtenida no solo dependerá de las propias características de la roca, sino que también de la relación de dicho patrón respecto al plano de corte, pudiéndose obtener piezas con variados diseños a partir de un mismo material (Ver Fig. 9).

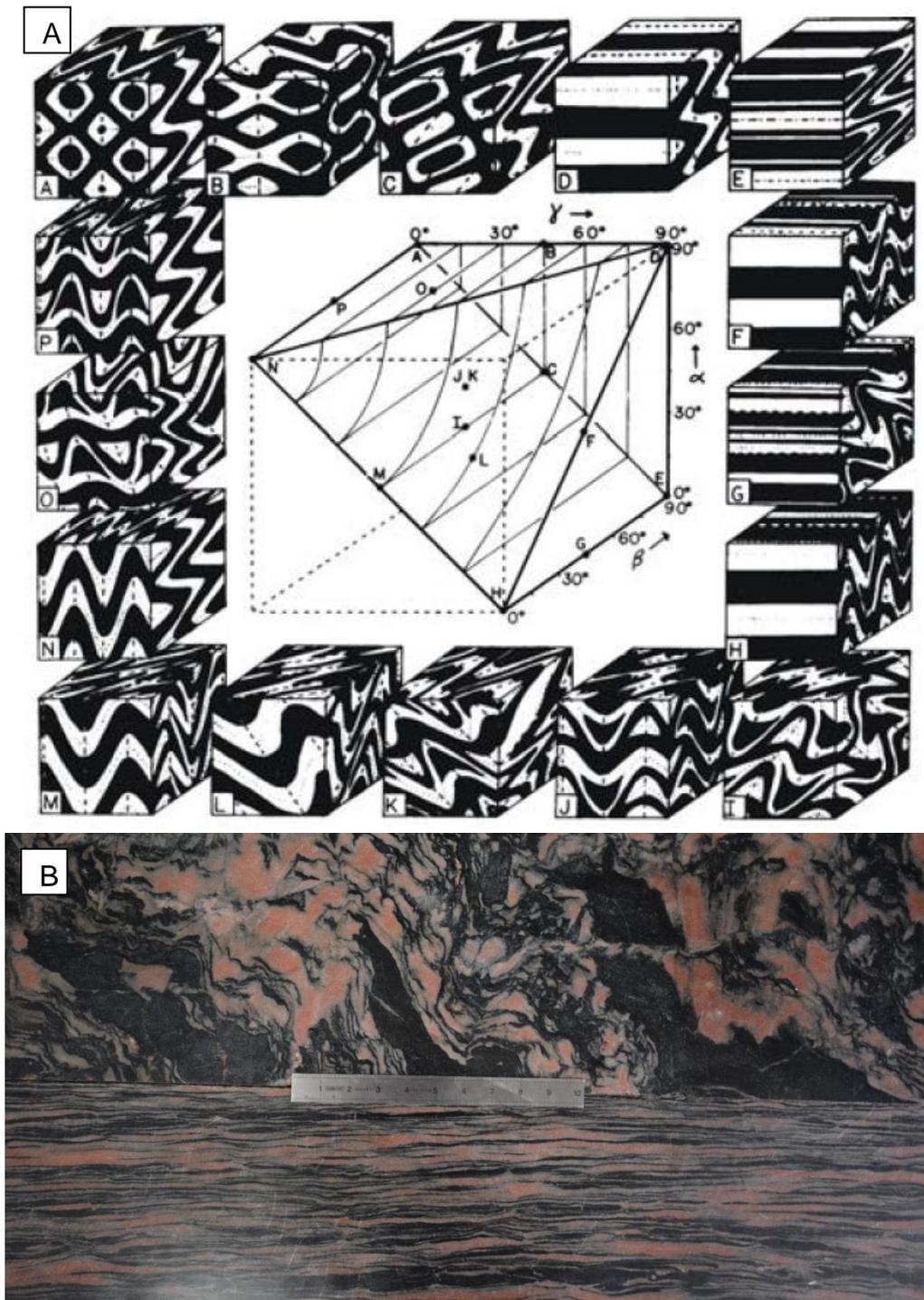


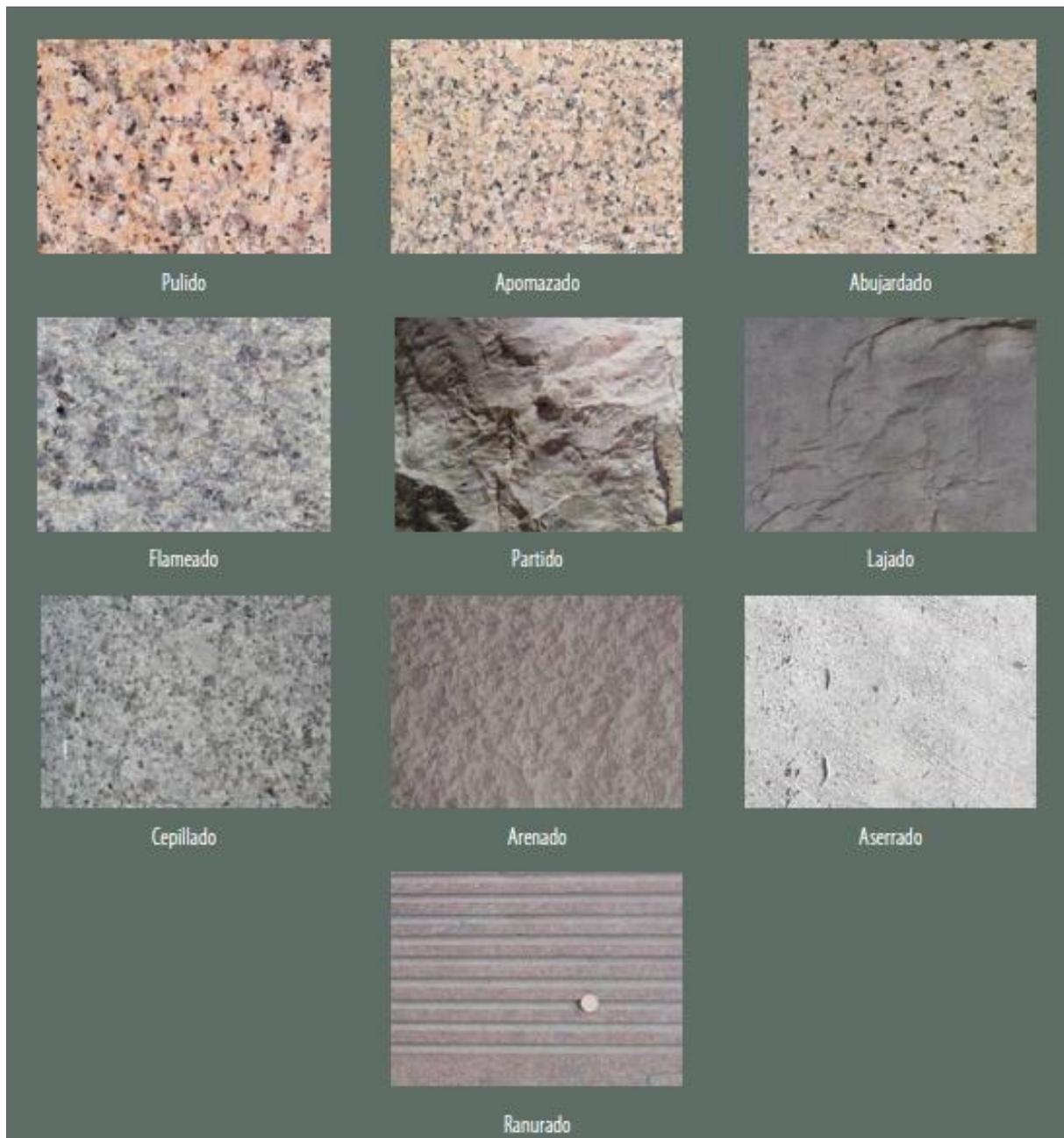
Fig. 9. A. Diferencias en el décor resultante en las piezas según la posición del corte respecto al plegamiento en una roca metamórfica (Ramsay & Huber, 1987). B. Diferencias en el décor de piezas de Mármol Artigas según la posición del corte respecto del plegamiento. Escala: 25 cm. Edificio Palacio Díaz, Av. 18 de Julio 1333.

#### 4.1.3 Acabado superficial.

El acabado superficial refiere al proceso que se realiza sobre un material con el objetivo de que su superficie adquiriera determinadas características. En el caso de las rocas ornamentales, el acabado superficial es el último elemento por considerar respecto a los aspectos estéticos del material.

Existen una gran cantidad de acabados superficiales que se aplican en los materiales pétreos, y los avances tecnológicos permiten que cada vez haya más. Según la Fundación Centro Tecnológico do Granito de Galicia (2013), los más comunes y más ampliamente usados son: (ver Fig. 10)

- Pulido - acabado cuyo aspecto final se consigue por medio de poteas, ceras etc., que proporcionan un aspecto de brillo espejado.
- Apomazado - acabado realizado mediante muelas de granulometría variable, lo que proporciona una superficie lisa y de aspecto más o menos mate.
- Abujardado - acabado que se realiza por medio de bujardas de geometría variable, o ruedas provistas de picas, que golpean la superficie de la piedra, lo que da lugar a un acabado rugoso.
- Flameado - acabado que se realiza con lanza térmica, lo que da lugar a una superficie rugosa.
- Partido - acabado que se obtiene por tronzado con una máquina de cizalla, lo que da lugar a un acabado muy rugoso.
- Lajado - acabado que consiste en un lajado natural de la piedra a través de sus planos de debilidad.
- Arenado - tratamiento con chorro de arena, que proporciona una superficie de aspecto rugoso, pero suavizada por la abrasión del árido.
- Cepillado - acabado similar al arenado, pero, en este caso, se emplean para el acabado final, cepillos de fibra revestidos de partículas metálicas.
- Aserrado - acabado que se obtiene por corte con disco de diamante o fleje de telar.
- Ranurado - Realización de un patrón de ranuras sobre la cara vista.



*Fig 10. Tipos de acabados superficiales más comunes. Modificado de: Fundación Centro Tecnológico do Granito de Galicia, 2013.*

## 4.2 Aspectos técnicos.

La utilización de las rocas ornamentales es motivada no solo por sus valores estéticos y simbólicos, sino que también por presentar cualidades técnicas que las hacen un buen material de construcción en sí mismo (Siegesmund & Snethlage, 2011). Si bien el empleo de rocas como elementos estructurales en construcciones ha ido en descenso desde la aparición de nuevas tecnologías, métodos y materiales constructivos, la combinación de excelentes propiedades ingenieriles y atractiva apariencia ha hecho que estas sigan siendo ampliamente elegidas (Ashmole, 2008).

Desde un punto de vista ingenieril, aplicaciones con fines diferentes requerirán de características técnicas diferentes, en este caso las propiedades físicas, mecánicas, y petrográficas de los materiales pétreos son el criterio de selección.

### 4.2.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de las rocas son de gran importancia para determinar sus aptitudes para cierto tipo de aplicaciones ya que nos permiten tener una idea de la respuesta que tendrán estos materiales a diversos tipos de agentes externos (Siegesmund & Snethlage, 2011). Especialmente cuando se consideran materiales pétreos para aplicaciones exteriores, es fundamental tener una idea de cómo, y en qué medida, estos serán afectados por los diversos procesos de intemperismo físico, químico y biológico. En este sentido las propiedades físicas del material son la clave (Matias, 2002; Siegesmund & Snethlage, 2011).

La cantidad de agua que una roca puede absorber y retener en sus poros, así como la movilidad de esta, juega un rol decisivo en su proceso de deterioro, ya que la mayoría de los procesos de intemperismo en las construcciones se dan en presencia de agua (Siegesmund & Snethlage, 2011). Debido a esto es que

las propiedades físicas del material referidas a dicho aspecto, como ser su porosidad y coeficiente de imbibición, son criterios técnicos claves.

#### *4.2.1.1 Porosidad*

La porosidad refiere al porcentaje de volumen de poros o espacio poroso, o el volumen de roca que puede contener fluidos (Tiab & Donaldson, 2004). Se pueden distinguir dos tipos de porosidad: total y efectiva. La porosidad total refiere al porcentaje total de volúmenes vacíos en la roca, mientras que la porosidad efectiva representa el porcentaje de espacio poroso al que un fluido puede acceder, y, por tanto, no toma en cuenta los poros aislados (sin conectividad) (Siegesmund & Snethlage, 2011). Según estos autores, la porosidad efectiva es uno de los aspectos técnicos principales que controlan el comportamiento físico de una roca ornamental, dado que una mayor porosidad efectiva conlleva una influencia negativa en las características del proceso de intemperismo.

La porosidad efectiva puede determinarse de diversas maneras, siendo el método de Arquímedes uno de los más ampliamente utilizados (Hughes, 2005). Las mediciones de porosidad en diversos tipos de rocas han mostrado que, para el caso de rocas metamórficas, los valores suelen estar por debajo del 1% salvo pocas excepciones (Mosch & Siegesmund, 2007).

#### *4.2.1.2 Coeficiente de imbibición*

El coeficiente de imbibición refiere a la cantidad de agua que es capaz de absorber una roca en condiciones normales (a presión atmosférica). Este parámetro está estrechamente vinculado a la porosidad efectiva de la roca, y es un criterio técnico de suma importancia (Siegesmund & Snethlage, 2011).

La cantidad de agua que una roca es capaz de absorber determina el valor máximo de nivel de humedad que la misma podrá tener una vez aplicada en una construcción u obra de arte, y es un factor de control sobre la cantidad de área

de la roca que estará en contacto con el agua, y por ende, susceptible a reacciones químicas y de crecimiento biológico.

La relación entre el coeficiente de imbibición de una roca y su comportamiento ante los procesos de intemperismo suscitaron una clasificación en este sentido por parte del Deutsches Institut Fur Normung E.V. (DIN), que en su norma DIN 52008 establece que serán consideradas como resistentes al intemperismo aquellas rocas que tengan una absorción de agua a presión atmosférica inferior al 0,5‰. A su vez, el procedimiento para la obtención del coeficiente de imbibición está normalizado en la norma DIN EN 13755.

#### 4.2.2 Propiedades mecánicas

Al hablar de las propiedades o resistencia mecánica de las rocas nos estamos refiriendo al conjunto de respuestas que estas presentan ante la aplicación de esfuerzos tensionales, compresionales y/o de cizalla. El conocimiento de estas respuestas es de suma importancia para determinar la aptitud de un determinado material para un fin dado. Cuando se considera la utilización de una pieza de roca para un determinado uso constructivo se hace necesario poder contar con que dicho material podrá resistir las cargas que aquel uso le confiera. Así, no todos los materiales son apropiados para una aplicación puntual, y las propiedades mecánicas del material se hacen uno de los criterios de selección más importantes (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Dentro del conjunto de propiedades mecánicas, algunas de las más relevantes en el campo de las rocas ornamentales son: resistencia a la compresión uniaxial, resistencia a la tensión indirecta, resistencia a la flexión, y resistencia a la abrasión.

#### 4.2.2.1 Resistencia a la compresión uniaxial

La resistencia a la compresión uniaxial es el máximo esfuerzo compresivo en una dirección que una roca puede resistir (Siegesmund & Snethlage, 2011). Esta propiedad es determinada mediante un ensayo de compresión uniaxial, en donde se somete a una muestra cilíndrica de roca a un esfuerzo compresivo longitudinal que aumenta progresivamente hasta provocar su rotura según lo establecido en la norma DIN EN 1926.

La resistencia a la compresión uniaxial de una roca expresa el valor al cual la muestra experimenta una pérdida total de cohesión a lo largo de la superficie de falla (Siegesmund & Snethlage, 2011). Este valor es especialmente importante cuando se consideran aplicaciones que deban soportar grandes cargas longitudinales, como es el caso de los pilares y columnas.

Las rocas metamórficas muestran las más altas variaciones respecto a su resistencia a la compresión uniaxial (Siegesmund & Snethlage, 2011), y los mármoles no son una excepción a esto (Ver tabla 1).

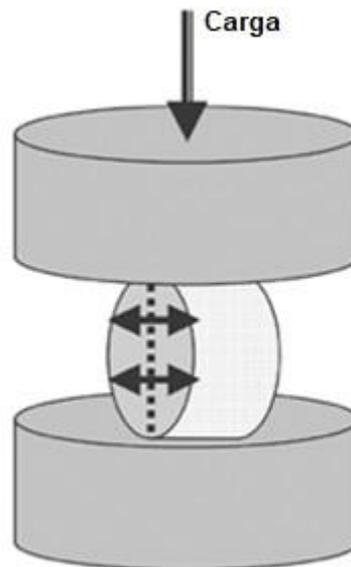
*Tabla 1. Resistencia a la compresión uniaxial de variedades comerciales de mármol ornamental. Modificado de: Siegesmund & Snethlage, 2011.*

Nombre comercial	País de origen	R. a la compresión uniaxial (MPa)
Rosa Estremoz	Portugal	81,2
Gris Phran Kratai	Tailandia	122,1
Azul Cielo	Argentina	50,2

#### 4.2.2.2 Resistencia a la tensión indirecta

La resistencia a la tensión de un material es la cantidad máxima de esfuerzo tensional a la que se lo puede someter antes que se rompa (Siegesmund & Snethlage, 2011). El ensayo más utilizado para la determinación de esta

propiedad es el Test de Brasil, o ensayo de resistencia a la tensión indirecta, que consiste en someter a un esfuerzo compresivo transversal a una muestra en forma de disco (Ver Fig. 11), estandarizado en la norma DIN 22024.



*Fig 11. Representación esquemática de la configuración experimental del ensayo de resistencia a la tensión indirecta. Modificado de: Wang et al. (2003).*

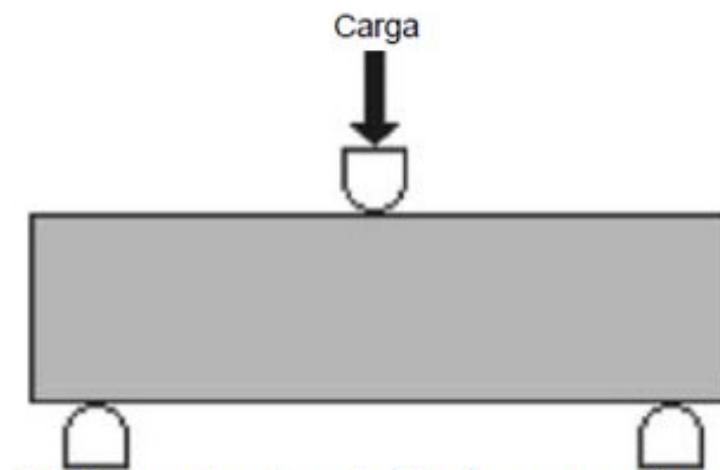
Según los datos recogidos por Siegesmund & Snethlage (2011) el valor medio de la resistencia a la tensión indirecta para los mármoles es de 12 MPa.

La resistencia a la tensión es un parámetro de selección clave para las aplicaciones en aquellos lugares donde las piezas son sometidas a tracción y/o flexión, como es el caso de los dinteles.

#### *4.2.2.3 Resistencia a la flexión*

La resistencia a la flexión es el máximo esfuerzo tensional generado por flexura que puede resistir un material antes de fallar. Las roturas debido a esfuerzos flexurales son más comunes que aquellas ocasionadas por esfuerzos compresivos o de cizalla (Siegesmund & Snethlage, 2011), por lo que esta propiedad mecánica es un importante criterio de selección.

Para la determinación de la resistencia a la flexión, una muestra de roca colocada sobre dos puntos de apoyo es sometida a un aumento progresivo de carga, siendo esta aplicada de forma equidistante a ambos puntos de apoyo (Ver Fig. 12). La resistencia a la flexión de la muestra es el máximo esfuerzo soportado antes de la rotura de la muestra. El ensayo para la determinación de esta propiedad se encuentra estandarizado en la norma DIN EN 12372.



*Fig. 12. Diseño esquemático de la configuración del ensayo de resistencia a la flexión. Modificado de: Galicia & Velásquez, (2016).*

La resistencia a la flexión es un importante criterio de selección especialmente en aquellos elementos estructurales o decorativos que están sometidos a esfuerzos flexurales como lo son los escalones o dinteles.

Los mármoles suelen presentar valores relativamente bajos de resistencia a la flexión (Ver Tabla 2).

*Tabla 2. Resistencia a la flexión de variedades comerciales de mármol ornamental. Modificado de: Siegesmund & Snethlage, 2011.*

Nombre comercial	País de origen	R. a la flexión (MPa)
Rosa Estremoz	Portugal	16,4
Gris Phran Kratai	Tailandia	25,3
Azul Cielo	Argentina	5,9

#### 4.2.2.4 Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión es una medida de la respuesta del material ante la fricción, esto se utiliza como criterio para conocer la respuesta que el material tendrá ante la abrasión generada por las pisadas en las piezas utilizadas para revestimiento de pisos y escalones (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Para la determinación de esta propiedad existen diversos ensayos, uno de los más comúnmente usados es el denominado Test de Bohme. Para este ensayo se sigue la norma DIN 52108, según la cual, se utiliza una placa de base cuadrada de al menos 50 cm<sup>2</sup> que es presionada, por un esfuerzo dado, contra un disco al que se le adiciona una cantidad determinada de abrasivo. En el contacto entre la muestra y el disco se generan fracturas tensionales y de cizalla que debilitan el material, produciendo arena y polvo. El ensayo tiene el fin de cuantificar la cantidad de material desprendido luego a una exposición dada, por ende, a mayor valor menor resistencia a la abrasión tiene el material. (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Los mármoles y calizas densas suelen presentar un rango similar de resistencia a la abrasión, que varía entre 12,5 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> y 32,5 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> (Siegesmund & Snethlage, 2011).

### 4.2.3 Petrología y petrografía

La composición mineral y la fábrica de una roca son, en última instancia, el factor determinante en las respuestas físicas y mecánicas de esta. Así un adecuado conocimiento de la petrología y petrografía de un determinado espécimen puede darnos importante información que nos permita inferir sobre su comportamiento ante el intemperismo y la aplicación de esfuerzos (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Dado que la mayoría de las rocas poseen una fábrica anisótropa (Mosch, 2008), algunas de sus propiedades son dependientes de la dirección en la cual se las mida, por ende, se hace necesario determinarlas según 3 ejes ortogonales (Ver Fig. 13).

La orientación de la muestra de roca según el referido sistema de ejes se realiza designando a los mismos tal que el plano x-y sea el plano de foliación de la roca y la dirección x sea la lineación de esta, en caso de reconocerla. En caso contrario estos ejes se determinan de forma arbitraria. (Ver Fig. 14).

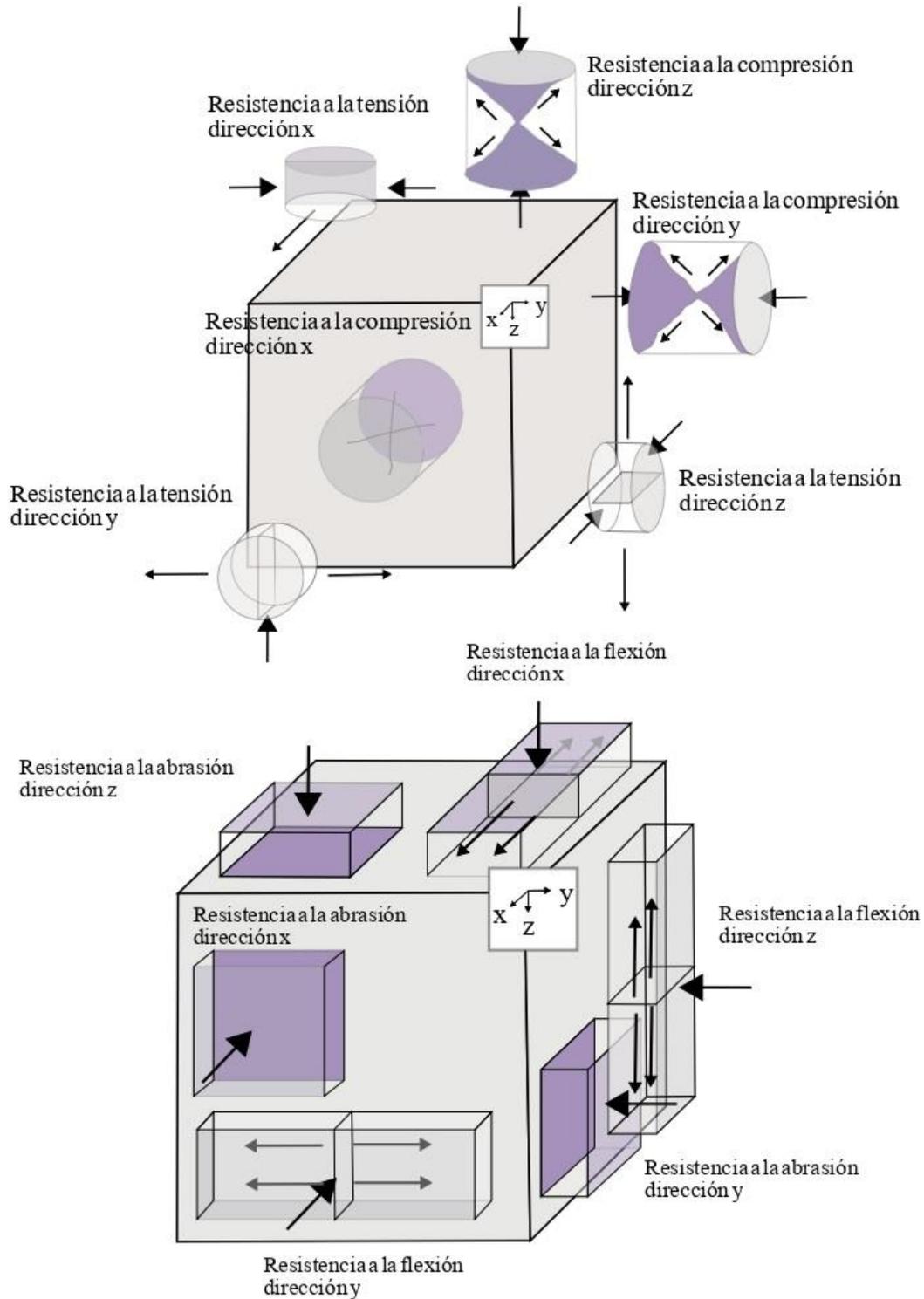


Fig. 13. Representación de la orientación de las muestras para los ensayos de resistencia a la compresión uniaxial, tensión indirecta, resistencia a la flexión, y abrasión. Las flechas gruesas representan las fuerzas aplicadas a la muestra, y las flechas finas la dirección de los esfuerzos resultantes. Modificado de: Strohmeyer, (2003).

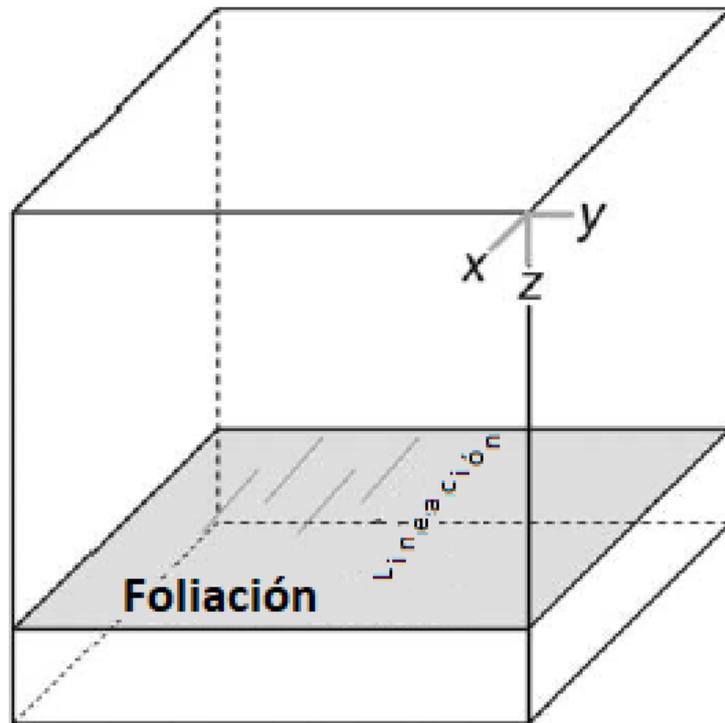


Fig 14. Representación esquemática de la orientación del sistema de ejes respecto a la foliación y lineación. Modificado de: Strohmeyer, (2003).

#### 4.2.3.1 Petrología y petrografía de los mármoles ornamentales.

Desde el punto de vista geológico, llamamos mármol a una roca metamórfica en la cual dominan los carbonatos (Yardley, 1989). De acuerdo con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2004), la denominación de mármol le corresponde a aquellas rocas metamórficas que presenten un contenido de carbonatos superior al 75 %, y se distingue entre mármoles calcíticos (>75% de calcita), dolomíticos (>75% de dolomita), e impuros, siendo estos últimos aquellos que contengan entre un 50% y 75% de carbonatos o calcosilicatos, y donde la proporción relativa de ambos grupos de minerales es desconocida o no especificada. Si la proporción de dichos grupos minerales es conocida, entonces la roca se denomina metacarbonática o calcosilicática, según dominen los carbonatos o los silicatos, respectivamente.

Por otro lado, el Servicio Geológico Británico (Robertson, 1999) define a un mármol como una roca metamórfica que contiene más de un 50% de carbonatos y/o calcosilicatos donde la proporción relativa de dichos grupos minerales no es conocida. Cuando la proporción relativa de carbonatos y calcosilicatos es conocida, la roca deberá llamarse metacarbonática si predominan los primeros, y calcosilicática en el caso contrario. De acuerdo con esta clasificación el término mármol queda casi en desuso.

Pese a no ser necesariamente la más utilizada, para el presente trabajo se optará por seguir la clasificación propuesta por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, ya que se nota más intuitiva y mantiene el uso del término mármol, término de amplio uso en la industria ornamental.

Respecto a la fábrica de los mármoles, una primera clasificación puede hacerse en función de la variación del tamaño de grano, refiriéndose como mármoles homoblásticos a aquellos que presentan cristales de tamaños homogéneos, y heteroblásticos a los que presentan poblaciones de cristales de diversos tamaños (Antonelli & Lazzarini, 2015). Otro criterio ampliamente usado para la clasificación de mármoles es el tamaño máximo de grano, dividiéndose estas rocas en grano fino (<2 mm), grano medio (entre 2 mm y 5 mm), y grano grueso (>5 mm) (Antonelli & Lazzarini, 2015).

Desde un punto de vista ornamental, los mármoles se suelen clasificar como ordinarios o estatuarios. Los mármoles estatuarios son aquellos que poseen tamaño de grano fino y bordes de grano irregulares (Walther, 1912). Estas características les confieren la capacidad de ser tallados, esculpidos y pulidos con mayor facilidad, y obteniendo mejores resultados, que los que se obtienen en aquellos mármoles con arreglos de granos poligonales y bordes de grano rectos (mármoles ordinarios).

Además de los mencionados, los demás aspectos concernientes a la fábrica de los mármoles son de gran importancia y deben ser considerados a la hora de

caracterizarlos. En particular, y como se mencionó anteriormente, aquellas características estructurales que le confieran anisotropías al material deben ser observadas con especial énfasis ya que estas tienen una importante influencia sobre los demás aspectos técnicos.

#### *4.2.3.2 Influencia de la petrología y petrografía en las propiedades físicas y mecánicas.*

Respecto a resistencia a la compresión uniaxial, rocas que presentan planos de debilidad, como ser un plano de foliación, presentan una resistencia máxima en una orientación perpendicular a dicho plano, y mínima en direcciones que forman un ángulo agudo con el mismo (Strohmeyer, 2003). Por lo que la colocación de elementos estructurales o decorativos sujetos a grandes esfuerzos compresivos debería contemplar la óptima orientación de la pieza, tal que confiera un margen de seguridad mayor.

De manera similar, el principal factor que disminuye la resistencia a la tensión de un material pétreo es la existencia de planos de debilidad en sus fábricas y la orientación de estos respecto al campo de esfuerzos. La anisotropía de esta propiedad aumenta según la muestra posea una mayor orientación preferencial de los granos (Siegesmund & Snethlage, 2011), y su mínimo valor estará en una orientación tal que la dirección de carga sea paralela a dicho plano de debilidad.

La resistencia a la flexión de una roca también presenta una gran susceptibilidad ante la orientación preferencial de los granos, pudiendo tener anisotropías con valores de hasta un 70% en rocas con foliación muy marcada (Siegesmund & Snethlage, 2011). Según estos autores, los mármoles en particular pueden presentar valores de resistencia a la flexión relativamente bajos, especialmente aquellos con fábricas poligonales, mientras que los que presentan bordes de granos interconectados y lobulados suelen ser más resistentes a este tipo de esfuerzos.

La resistencia a la abrasión es menos sensible a las anisotropías de la fábrica de la roca en comparación con otras propiedades mecánicas. Esta propiedad está principalmente vinculada a la dureza de los minerales formadores de la roca, así se explica que rocas con altos contenidos de mica tengan resistencias bajas a la abrasión (Siegesmund & Snethlage, 2011).

### 4.3 Aspectos patrimoniales

De acuerdo con UNESCO (2014), se entiende por patrimonio cultural a los monumentos, obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.

La importancia del patrimonio es cada vez mayor para la sociedad (Benhamou, 2003). Esto probablemente se deba al creciente ritmo de la modernización, que hace que los vestigios de las sociedades del pasado despierten sensaciones de pertenencia y de seguridad a las sociedades modernas, además de ser un importante factor definitorio de la identidad de estas (UNESCO, 2014).

Como fue ya mencionado, las rocas ornamentales nacionales fueron utilizadas en numerosos bienes culturales que revisten hoy en día un alto valor artístico e histórico, estando muchos de ellos listados como Monumentos Históricos Nacionales o de Interés Municipal en Montevideo. Debido a esto, cuando tratando con las rocas ornamentales nacionales y sus aplicaciones, es importante no perder de vista su calidad de bienes culturales patrimoniales, puesto que, una vez reconocido el valor de un bien cultural, cualesquiera que sean las razones para ello, se adquiere la responsabilidad de preservar dicho objeto (Daifuku, 1969).

#### 4.3.1 Formas de deterioro de la piedra natural

Respecto a la evaluación de las formas de deterioro de la piedra, Siegesmund & Snethlage (2011) recomiendan seguir el Glosario de ICOMOS (2011). Este glosario categoriza las formas de deterioro dividiéndolas en 5 familias: grieta y deformación, desprendimiento, rasgos inducidos por pérdida de material, alteración cromática y depósito, y colonización biológica. A su vez, cada familia se subdivide en clases y subclases (Ver Anexo II).

## 5. Marco geológico

### 5.1 Basamento cristalino

El basamento cristalino de Uruguay comprende a las rocas ígneas y metamórficas predevónicas sobre las cuales se apoyan los depósitos de las cuencas Fanerozoicas (Bossi et al., 1965). Diversos autores han propuesto separaciones de estas rocas según diferentes abordajes.

Algunos autores proponen que el basamento cristalino de Uruguay se compone del Cratón del Río de la Plata (Almeida et al. 1973) correspondiente al Ciclo Orogénico Transamazónico (Ferrando & Fernández, 1971), y el Cinturón Dom Feliciano (Fragoso Cesar, 1980), un cinturón móvil resultado de la colisión de los Cratones del Río de la Plata, Congo, y Kalahari, durante el Ciclo Orogénico Brasileño (Fragoso Cesar, 1980; Fragoso Cesar et al. 1987; Porada, 1989). Posteriormente Bossi & Campal (1992), y Bossi et al. (1993), definen para las rocas del basamento a los Terrenos Nico Pérez, y Piedra Alta respectivamente, separados por el Lineamiento Sarandí del Yí Piriápolis. Más adelante, en base a datos geocronológicos Preciozzi et al. (1999) define el Terreno Punta del Este ubicado en la porción Este del basamento, y separado del Cinturón Dom Feliciano por la Zona de Cizalla San Carlos-Cordillera. Llegado a este punto, el basamento cristalino de Uruguay estaría, según este abordaje, compuesto de tres Terrenos Tectonoestratigráficos, y un cinturón móvil, no existiendo actual consenso respecto a los límites del Cinturón Dom Feliciano, ni la conformación del Cratón del Río de la Plata. Sobre este último aspecto, Sánchez Bettucci (2010) propone que el Cratón del Río de la Plata estaría conformado por los Terrenos Nico Pérez y Piedra Alta, mientras que Oyhançabal et al. (2011; 2018) considera que éste se conforma del Terreno Piedra Alta.

De acuerdo con Bossi & Ferrando (2001), Bossi & Cingolani (2009), y Bossi & Gaucher (2014), las rocas del basamento cristalino de Uruguay se componen

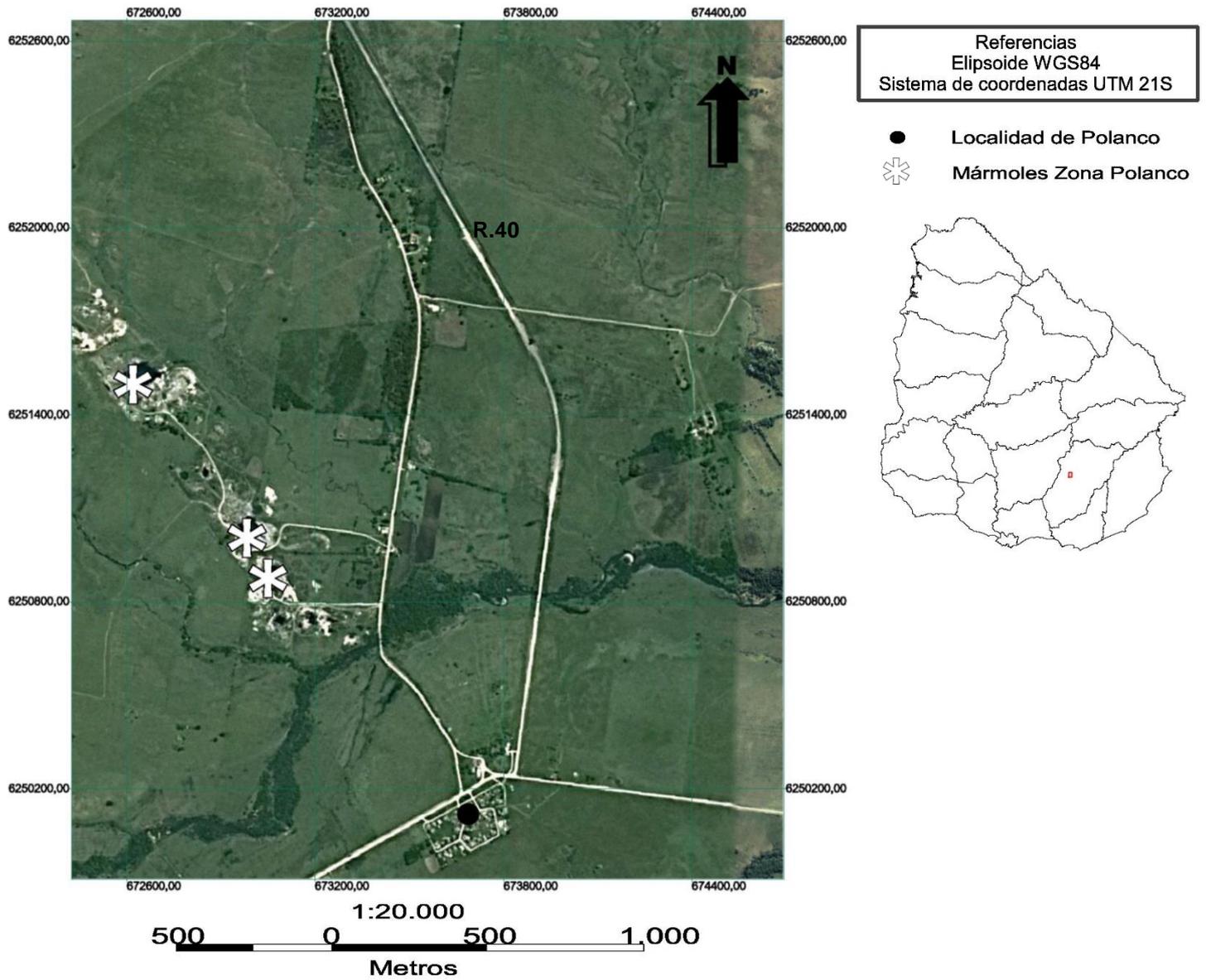
por una serie de cuatro terrenos tectonoestratigráficos, a saber: Terreno Piedra Alta, Terreno Tandilia, Terreno Nico Pérez, y Terreno Cuchilla Dionisio. Todos ellos correspondientes a sucesiones de grado metamórfico variable, recortados por plutones graníticos, y separados por zonas de cizalla transcurrentes. Según este abordaje habrían integrado el Cratón del Río de la Plata los Terrenos Piedra Alta, Tandilia, y Nico Pérez, siendo el Terreno Cuchilla Dionisio un terreno exótico de afinidad africana.

## 5.2 Ubicación de yacimientos.

Los principales depósitos de mármol nacionales que han sido explotados con fines ornamentales se encuentran en los departamentos de Maldonado y Lavalleja.

En Lavalleja el principal depósito se encuentra al noroeste de la localidad de Polanco, donde se localizan 3 canteras (Ver Fig. 15), mientras que en Maldonado existe un gran número de canteras distribuidas en diferentes zonas del departamento. Arrighetti & Giannotti (2014) agrupan dichas canteras en 5 zonas, a saber: Cerro Las Ventanas, Cuchilla Alvariza, Puntas del Arroyo Pan de Azúcar, Ruta 81, Zanja del Tigre (Ver Fig. 16).

Adicionalmente, se encuentra en el Departamento de Lavalleja, próximo al límite departamental con Maldonado, en las cercanías del Arroyo Molles, una cantera de mármol gris calcítico (Ver Anexo III, código M34) que fuera explotado para uso ornamental, y actualmente es explotado por ANCAP para la elaboración de cemento portland (Chiglino, 2008; Claudio Gaucher, Comunicación personal, 2020). También fueron explotados, con fines ornamentales, mármoles de aspecto brechoso del Departamento de Colonia, en la cantera Assandri (Maheshwari et al. 2010), y mármoles travertinos pertenecientes a la Fm. Queguay (Claudio Gaucher, Comunicación personal, 2020), de los cuales no se lograron localizar las canteras durante el presente trabajo.



*Fig. 15 Mapa de ubicación de depósitos de mármoles ornamentales de Polanco en el Departamento de Lavalleja. Imagen satelital obtenida de Google Earth.*

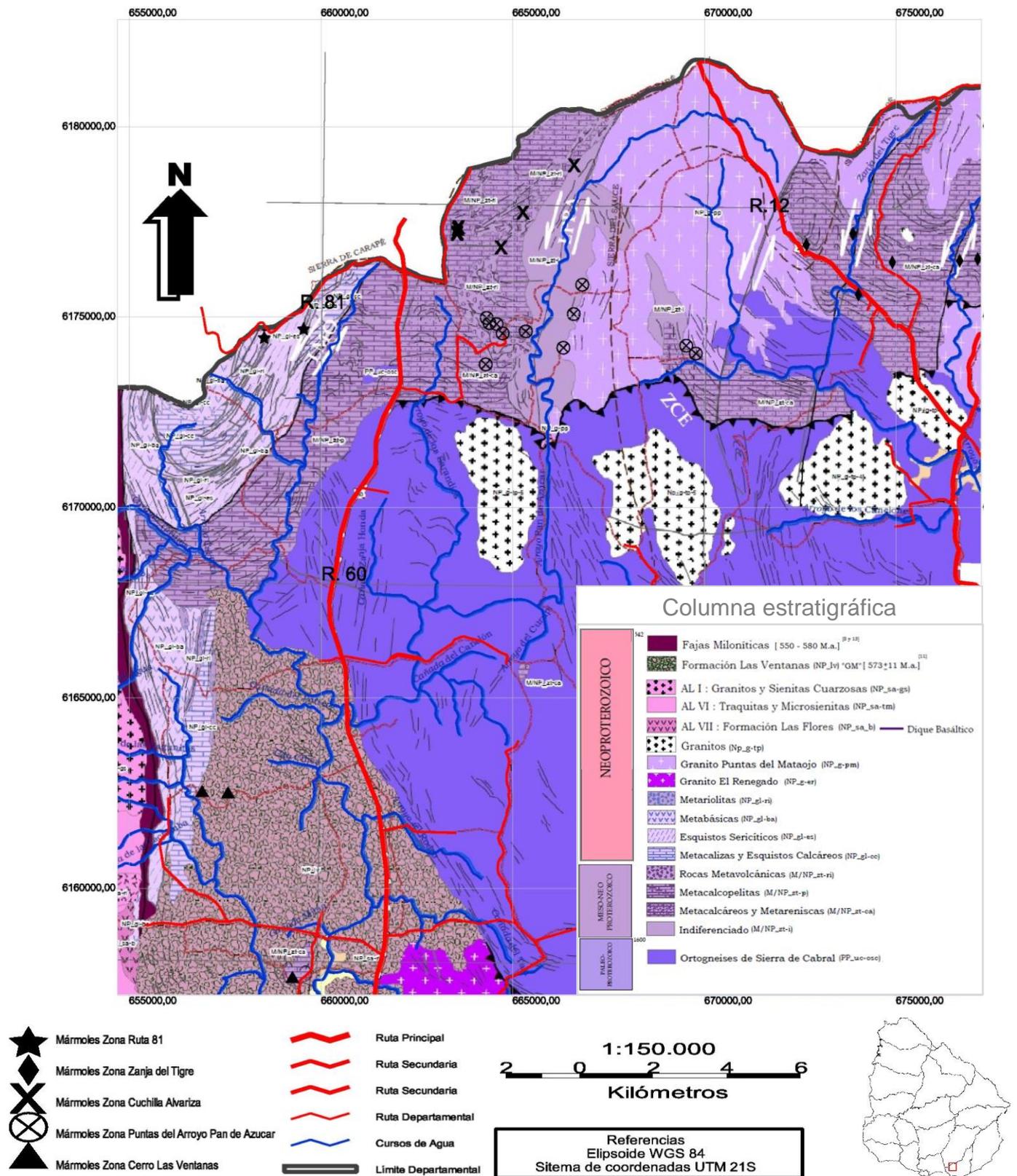


Fig. 16 Mapa de ubicación de depósitos de mármoles ornamentales del Departamento de Maldonado. Modificado de Spoturno et al. (2012).

### 5.3 Geología de los mármoles de Maldonado

De acuerdo con Spoturno et al. (2012), los yacimientos de mármol referidos en el punto anterior se encuentran asociados a las litologías del Grupo Lavalleja (GL) y el Complejo Metamórfico Zanja del Tigre (ZT).

El Grupo Lavalleja, inicialmente definido por Bossi et al. (1965) y Bossi (1966), y posteriormente estudiado por Sánchez Bettucci (1998), está conformado por una sucesión vulcano-sedimentaria de edad neoproterozoica, y es interpretado por esta autora como perteneciente al Cinturón Dom Feliciano (CDF). De acuerdo con Basei et al. (2000), el CDF se compone de tres grandes unidades: un Cinturón Granítico, un Cinturón Foreland, y un Cinturón Esquistoso; según Basei et al. (2008) este último se corresponde, en Uruguay, con el Grupo Lavalleja. A su vez, estas mismas litologías son conocidas por otros autores como Grupos Parque UTE (GPU) y Mina Verdún (GMV) (Chiglino, 2008; Bossi et al. 2008; Chiglino et al. 2010; Gaucher et al. 2011; Poiré et al. 2003, 2005; Bossi & Gaucher, 2014) y se las asigna como pertenecientes al Terreno Nico Pérez.

Las rocas que componen el Grupo Lavalleja han merecido múltiples abordajes e interpretaciones. Para Midot (1984), Sánchez Bettucci (1998), Sánchez Bettucci & Ramos (1999) y Oyhantçabal et al. (2001) este grupo está compuesto por secuencias metavolcánicas y metasedimentarias que sufrieron metamorfismo de grado bajo a medio (facies esquistos verde a anfíbolita inferior). Midot (1984) define para estas litologías la Serie de Minas, y la Serie de Fuente del Puma, las cuales fueron posteriormente categorizadas como formaciones por Sánchez Bettucci (1998), quien a su vez agrega una tercera unidad: la Formación Zanja del Tigre (Grupo Carapé sensu Bossi, 1983). Por su parte, Oyhantçabal et al. (2001) proponen la división de estas rocas en asociaciones litológicas, de Oeste a Este, Asociación Litológica La Plata, Peña Blanca, Minas Viejas y Zanja del Tigre-Cuchilla Alvariza.

Más adelante, Bossi et al. (2007) y Chiglino et al. (2010), en base a criterios litotectónicos y geocronológicos, redefinen al Grupo Carapé adoptando el término de Escama Tectónica de Carapé (ETC), en la cual se incluyen las formaciones: Marco de los Reyes, Mataojo, y Edén, además del Complejo granítico Carapé (Sánchez Bettucci, 1998) y el Granito El Renegado (Sánchez Bettucci et al. 2003). Bossi & Gaucher (2014) interpretan esta unidad como un bloque desplazado del Terreno Nico Pérez.

Los grupos Parque UTE (Bossi et al. 2008; Chiglino et al. 2008) y Mina Verdún (Poiré et al. 2003; Poiré et al. 2005) son unidades alternativas para las litologías del Grupo Lavalleja, para las cuales se determinó, mediante dataciones U-Pb y quimioestratigráficas, una edad Mesoproterozoica de entre 1430 y 1490 Ma (Chiglino, 2008; Chiglino et al. 2010; Gaucher et al. 2011; Oriolo et al. 2019; Bossi & Gaucher, 2014). La proximidad geográfica, y similitud lito y geocronológica de estos grupos son evidencia de que ambos probablemente corresponden a depósitos de una misma plataforma estable (Gaucher et al. 2011), que según Oyhantçabal (2018) habrían sido posteriormente incorporados al Cinturón Dom Feliciano.

En la Carta Geológica del Departamento de Maldonado (Spoturno et al. 2012) la extensión del Grupo Lavalleja se corresponde con la de la Asociación Minas Viejas de Oyhantçabal (2001), y el Complejo Metamórfico Zanja del Tigre integra litologías de la Formación homónima (Sánchez Bettucci, 1998), así como litologías incluidas en las unidades del Grupo Parque UTE (sensu Bossi et al. 2008) y Escama Tectónica de Carapé (Chiglino et al. 2010). Las litologías comprendidas por estas unidades son rocas metasedimentarias cuyos protolitos son areniscas, conglomerados, pelitas, calizas, margas, con intercalaciones de rocas volcánicas igualmente metamorizadas (basaltos, riolitas, andesitas, tufos máficos a félsicos), y rocas ígneas intrusivas también afectadas por metamorfismo (metagabros y metadoleritas).

## 5.4 Geología de los mármoles de Lavalleja

Los mármoles ornamentales de Polanco, en el Departamento de Lavalleja, pertenecen a una secuencia de rocas supracorticales que afloran en los alrededores de la localidad de Polanco. El primer trabajo que propone una separación de estos mármoles fue el de Goñi (1958), quien las agrupa en lo que llamó Serie de Polanco para la cual propuso una edad silúrica.

Goñi et al. (1962) asignan a la Serie de Polanco el rango de formación y una edad paleozoica inferior. Sin embargo, posteriores estudios muestran que estas rocas son afectadas por el Cabalgamiento de Zapicán de 1253 Ma (Bossi & Gaucher, 2014), fueron intruidas por el Granito Lavaderos de 610 Ma (Cabrera et al. 2014), y constituyen el basamento de la Formación Barriga Negra de edad Ediacarica (Masquelin et al. 2017; Oriolo et al. 2016). Cabrera et al. (2014) denomina a esta unidad Formación Manguera Azul, y demuestra en base a las razones isotópicas de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  una edad Paleoproterozoica entre unos 2050 y 1850 Ma. Bossi & Gaucher (2014) y Oyhantçabal et al. (2018) les asignan a estas litologías una edad de depositación paleoproterozoica.

Respecto al metamorfismo, diversos autores coinciden en que estas rocas están afectadas por metamorfismo regional de grado muy bajo a bajo (Diaz et al. 1990; Cabrera et al. 2014). Adicionalmente, los mármoles tradicionalmente explotados para usos ornamentales en esta zona corresponden a la aureola de metamorfismo de contacto generada por la intrusión, en los referidos carbonatos, del Granito de Polanco (Bossi & Navarro, 1991) (Ver Fig. 17).

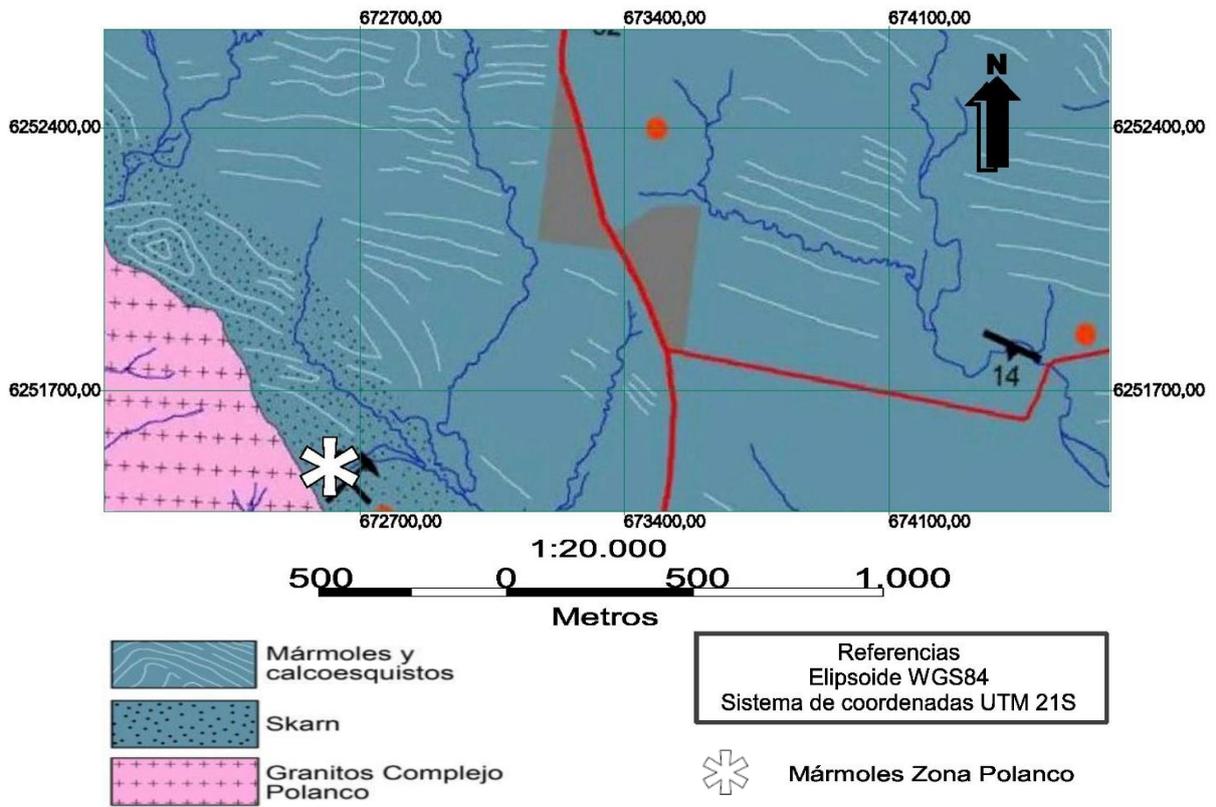


Fig. 17. Mapa geológico de la zona de Polanco, modificado de Silva (2018). Las canteras de mármol ornamental se ubican en la aureola de contacto del granito.

## 6. Resultados

### 6.1 Base de datos

La base de datos, principal resultado del presente trabajo, fue estructurada de forma de poder alojar toda la información previamente existente sobre los mármoles ornamentales nacionales, más aquella que fue generada durante el desarrollo del mismo (Ver Anexo III). Dicha base de datos se compone por seis hojas de datos agrupadas según el tipo de información que contienen, estas se leen de izquierda a derecha, de arriba hacia abajo, y son:

- Datos económicos y comerciales
- Aplicaciones y deterioro
- Petrografía
- Propiedades físicas
- Propiedades mecánicas
- Referencias

Cada hoja de datos cuenta con una serie de campos de datos, todos ellos vinculados a través de un código identificador y nombre (primer y segundo campo de cada hoja), que refieren a cada una de las variedades comerciales de mármol ornamental conocidas en Uruguay.

Para aquellos campos de datos para los que no se obtuvo la información correspondiente, se les asignó el valor “ND” (No hay datos). A continuación, se describen las hojas de datos con sus campos correspondientes.

### 6.1.1 Hoja de datos económicos y comerciales

La hoja de datos económicos y comerciales contiene 12 campos de datos, a saber:

- Código
- Nombre/s
- Compañía productora
- Activa
- Departamento
- Localidad
- Referencia de Localización
- X (UTM 21)
- Y (UTM 21)
- Décor
- Fotos
- Referencias

Los campos “Código” y “Nombre/s” son comunes a todas las hojas de datos y corresponden al código identificador referido anteriormente, y al nombre comercial mediante el cual fuera identificada cada variedad de mármol en particular, respectivamente. En el caso del campo “Nombre/s” se admite más de un dato por celda dado que algunos mármoles nacionales han sido referidos con más de un nombre a lo largo de la historia.

El campo “Compañía productora” admite el dato de la compañía que produjo, o produce, la roca ornamental referida. Siguiendo con el campo “Activa”, se refiere a si el depósito en cuestión está siendo explotado actualmente.

Los siguientes cinco campos de datos (“Departamento”, “Localidad”, “Referencia de localización”, “X (UTM 21)”, “Y (UTM 21)”) admiten los datos de localización de los yacimientos de los mármoles referidos. Las coordenadas de los depósitos

en los casos en los que se las pudo identificar son indicadas en el sistema de coordenadas WGS84 Universal Transverse Mercator.

El campo “Décor” admite una breve descripción de los colores y diseños de las rocas en cuestión, así como la presencia de diversos elementos de la fábrica de la roca (tamaño de grano, pliegues, diaclasas, estilolitos, etc.). La complejidad del décor de algunas de las variedades de mármol nacional hacen que el registro fotográfico sea de suma importancia para poder reconocerlas adecuadamente, por lo que se introdujo el campo “Fotos” para indicar si existen registros fotográficos (preexistentes o generados durante el presente trabajo) de cada roca en cuestión.

El campo “Referencias” es común para todas las hojas de datos y contiene un código numérico que refiere a cada una de las referencias de la hoja de datos homónima. En este campo se indican las diferentes referencias bibliográficas de las cuales provienen los datos indicados para cada variedad ornamental.

### 6.1.2 Hoja de Aplicaciones y deterioro

La hoja de datos de aplicaciones y deterioro contiene 6 campos de datos, a saber:

- Código
- Nombre/s
- Aplicaciones (Nombre y dirección)
- Tipo de aplicación
- Observaciones de deterioro
- Referencias

El campo “Aplicaciones (Nombre y dirección)” contiene la información de aquellos bienes culturales montevideanos (edificios, esculturas, estatuas, etc.) en los cuales se reconoce el uso de alguna variedad comercial de mármol ornamental dada. Aquí se incluye el nombre del bien cultural y su dirección.

Bajo “Tipo de aplicación” se admite información sobre la forma en la que el material pétreo fue utilizado en la aplicación referida en el punto anterior. Refiriendo si se tratan de columnas, revestimiento de paredes o pisos, dinteles, bloques, uso escultórico, etc.

En el campo “Observaciones de deterioro” se incluyen aquellas características generales del estado de deterioro que pudieron ser relevadas en el desarrollo del presente trabajo.

### 6.1.3 Hoja de Petrografía

La hoja de datos de petrografía se compone de los siguientes diez campos de datos:

- Código
- Nombre/s
- Calcita
- Dolomita
- Cuarzo
- Micas
- Minerales accesorios
- Descripción
- Referencias

Los campos “Calcita”, “Dolomita”, “Cuarzo”, y “Micas” refieren a la composición mineralógica de cada variedad de mármol ornamental nacional, admitiendo las entradas: Sí / No, según el mineral en cuestión esté o no presente en la variedad considerada. El siguiente campo de datos, bajo el rótulo “Minerales accesorios” contiene información sobre los minerales que se encuentran en la roca en proporciones menores y que no afectan la clasificación de ésta.

El campo de datos “Descripción” contiene una breve reseña con los principales atributos de la petrografía de la roca considerada.

#### 6.1.4 Hoja de Propiedades físicas

La hoja de datos de propiedades físicas contiene seis campos de datos, a saber:

- Código
- Nombre/s
- Densidad
- Porosidad
- Coeficiente de imbibición
- Referencias

Los campos de datos “Densidad”, “Porosidad”, y “Coeficiente de Imbibición” contienen la información sobre las propiedades físicas que dan nombre a cada campo, y se indican para cada una de las variedades de mármol ornamental nacional. Transformaciones numéricas se aplicaron para poder presentar los resultados bajo una misma unidad de medida, utilizándose g/cm<sup>3</sup>, porcentaje, y por mil, para la densidad, porosidad y coeficiente de imbibición respectivamente.

#### 6.1.5 Hoja de Propiedades mecánicas

La hoja de datos de propiedades mecánicas contiene siete campos de datos:

- Código
- Nombre/s
- R. a la compresión uniaxial (X; Y; Z)
- R. a la tensión indirecta (X; Y; Z)
- R. a la flexión (X; Y; Z)
- R. a la abrasión (X; Y; Z)
- Referencias

Los campos de datos contenidos en esta hoja corresponden a las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión uniaxial, tensión indirecta, flexión y abrasión tal como lo indican sus nombres. Además del valor numérico se indica la dirección en la que dicho valor fue determinado, siguiendo el orden: X, Y, Z, y donde dichos valores se separan por punto y coma (;). En los casos donde no se tiene conocimiento de la dirección en la que fue medido un determinado valor, el mismo se encuentra como único dato del correspondiente campo. Transformaciones numéricas se aplicaron para poder presentar los resultados bajo una misma unidad de medida, utilizándose MPa para los valores de resistencias a la compresión uniaxial, tensión indirecta, y flexión; y  $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$  para los valores de resistencia a la abrasión.

#### 6.1.6 Hoja de Referencias

La hoja de datos “Referencias” contiene la información de la fuente de los datos contenidos en la base. En esta hoja aparecen los códigos numéricos utilizados en los campos de datos homónimos de cada hoja de datos, y se indica la correspondencia de cada código con una fuente de datos dada.

## 6.2 Datos económicos y comerciales

Se reconocieron para los mármoles ornamentales nacionales un total de 50 nombres comerciales, pudiéndose separar 39 variedades *a priori* diferentes. La falta de coincidencia entre la cantidad de nombres y variedades comerciales de mármol está dada por la multiplicidad de nombres que algunas variedades han recibido. A este respecto algunos ejemplos son:

- El mármol al que se refiere Bausero (1968) bajo el nombre de “Nueva Carrara”, que fue empleado para el revestimiento exterior, y en gran parte interior, del Palacio Legislativo, es referido en el Libro del Centenario del Uruguay (López Campaña, 1925) como “Rojo Oriental”.

- “Gris N”, “Gris Narancio”, “Venice Grey”, o simplemente “Mármol N” son denominaciones comunes a una misma variedad de mármol gris (Seel, 1966; Comunidad Económica Europea, s.f.; Bossi, 1969; Bossi, 1978; Arrighetti & Gianotti, 2012)
- El mármol nacional negro con venas blancas y marrones al que se refiere Seel (1969) como similar al italiano “Mármol Portors”, aparece referido en el Libro del Centenario (López Campaña, 1925) como “Mármol Portoro”, es referido en otros documentos como “Mármol Negro Ansina” (Bossi, 1978; DINAMIGE, 89), y es a su vez popularmente conocido como “Mármol Negro Charrúa”.

De acuerdo con los datos recabados la mayoría de las variedades comerciales de mármol ornamental nacionales provienen de canteras en el Departamento de Maldonado, a excepción de los mármoles “Mármol Blanco Ónix” que se sabe proviene de la localidad de Polanco en el departamento de Lavalleja (Borca, 2009), y el “Mármol Gris” también proveniente de dicho departamento. Pese a que no se tienen datos sobre la proveniencia de los mármoles “Amarillo Minas” y “Verde Salus”, su nombre da a pensar que probablemente también provengan de Lavalleja.

Se logró obtener una descripción del décor de 35 de las 39 variedades de mármoles (Ver anexo III), quedando por fuera los mármoles “Rosa Loy”, “Sarandí” y “Verde Nube”. Adicionalmente, se recopilaron fotos de 27 de ellos, que se agregan a las fotos de 12 variedades presentadas por Bossi (1978).

### 6.2.1 Descripción del décor

A continuación, se presenta el décor de todas las variedades de mármoles ornamentales nacionales de las cuales existe registro fotográfico, ya sea éste anterior, u obtenido en el desarrollo del presente trabajo. Quedando por fuera las variedades: Mármol Verde Rosa (M11), Mármol “E” (M13), Mármol Serrano (M14), Mármol Negro Oriental (M15), Mármol “Z” (M16), Mármol Blanco Sol

(M29), Mármol Verde Nube (M30), Mármol Sarandí (M31), Mármol Gris (M34), y Mármol Rosa Loy (M35).

- **M01 Mármol Artigas.**

Mármol rojo profundo a rosado con bandas verde oscuras casi negras, de tamaño de grano medio, foliado y plegado (Ver Fig. 18).

- **M02 Mármol Bolívar.**

Mármol gris con bandas negras. Una imagen de este mármol puede ser encontrada en el libro Recursos minerales del Uruguay (Bossi, 1978).

- **M03 Mármol Maciel**

Mármol de color amarillo arenoso rosado con rayas grises rojizas, tamaño de grano medio, foliado (Ver Fig. 19)



*Fig. 18. Placa pulida de 10 cm x 10 cm de Mármol Artigas.*



*Fig. 19. Placas de revestimiento de paredes interiores en Mármol Maciel. Dimensiones de las placas: 120 cm x 50 cm. Encontrado en la Catedral metropolitana de Montevideo, Ituzaingó 1373, Plaza Matriz.*

- **M04 Mármol Sirius**

Mármol de fondo rosado claro casi blanco con rayas marrones y verdes claras y oscuras. Una imagen de este mármol puede ser encontrada en el Catálogo de Piedras Ornamentales del Uruguay (Comunidad Económica Europea, s.f.). En el presente trabajo no se ha podido obtener registro fotográfico de esta variedad.

- **M05 Mármol San Martín**

Mármol de aspecto brechoso, de color de fondo blanco, con rayas verde oscuras casi negras (Ver Fig. 20).



*Fig. 20. Placa de revestimiento de piso de mármol san martín (centro de la foto). Dimensiones de la placa 60 cm x 30 cm. Encontrado en el Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 994.*

- **M06 Mármol Abayubá**

Mármol de fondo beige claro y marfil con tiras marrones y grisáceas, foliado y plegado (Ver Fig. 21).



*Fig. 21. Placas de revestimiento de pared interior en Mármol Abayubá. Dimensiones de las placas: 100 cm x 50 cm. Encontrado en el Edificio Danubio, Paraguay1547*

- **M07 Mármol Grisol**

Mármol de color de fondo gris claro con rayas gris oscuro (DINAMIGE, 1987). Una imagen de este mármol puede ser encontrada en el libro Recursos minerales del Uruguay (Bossi, 1978). En el presente trabajo no se ha podido obtener registro fotográfico de esta variedad.

- **M08 Mármol Rojo Marroquí**

Mármol de fondo ocre rojizo con delgadas rayas oscuras y blancas con calcita recristalizada (Arrighetti & Gianotti, 2012) (Ver Fig. 22).



*Fig. 22. Botón elaborado en Mármol Rojo Marroquí. Dimensiones de la placa: 20 cm x 40 cm. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes.*

- **M09 Mármol Amarillo Marroquí**

Mármol con fondo color ocre amarillento con delgadas rayas oscuras y blancas con calcita recristalizada (Ver Fig. 23).

- **M10 Mármol Carapé.**

Fondo rosado o más oscuro con rayas marrón oscuro (DINAMIGE, 1987). En Bossi (1978) se encuentra una fotografía de esta variedad. En el presente trabajo no se ha podido obtener registro fotográfico.

- **M12 Mármol Gris N**

Mármol de color gris perla uniforme con rayas blancas que definen 2 foliaciones oblicuas (Ver Fig. 24).



*Fig. 23. Placa de Mármol Amarillo Marroquí. dimensiones de la placa: 50 cm x 40 cm. En exposición en el Museo Geominero del Uruguay, Hervidero 2861.*



*Fig. 24. Placas de revestimiento de pared y piso en Mármol Gris N. Dimensiones de las placas: 100 cm x 50 cm. Encontrado en el Edificio 14 de Mayo, Av del Libertador Brig. Gral Juan Antonio Lavalleja 1470.*

- **M17 Mármol Blanco Ónix**

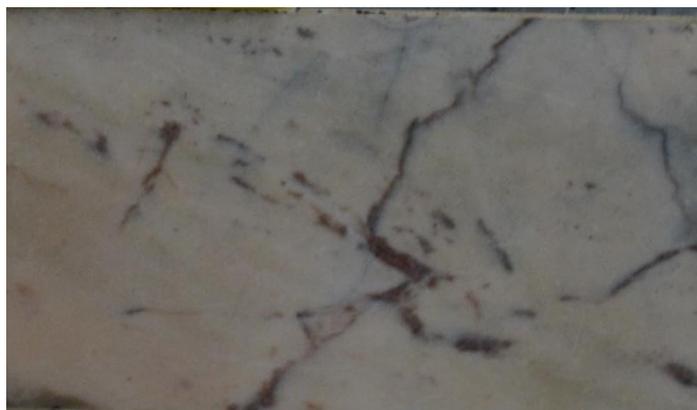
Mármol blanco cristalino, translúcido con algunas manchas verdes, de tamaño de grano medio (Ver Fig. 25).

- **M18 Mármol San Agustín Uruguay**

Mármol de fondo rosado pálido a beige con estilolitos azules, ocre y rojizos (Ver Fig. 26).



*Fig. 25. Placa de Mármol Blanco Ónix. Dimensiones de la placa: 50 cm x 30 cm. En exposición en el Museo Geominero del Uruguay, Hervidero 2861.*



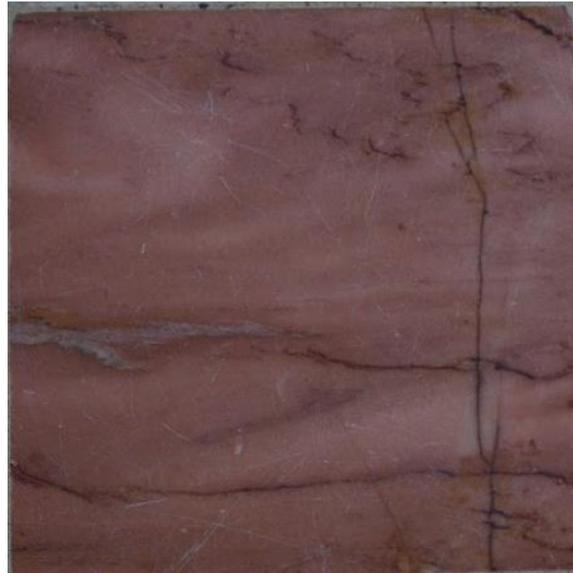
*Fig. 26. Placa de revestimiento de piso en Mármol San Agustín Uruguay. Dimensiones de la placa: 20 cm x 10 cm. Encontrado en Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 994.*

- **M19 Mármol Rosado**

Mármol de color rosado uniforme con estilolitos rosa intenso y marrón rojizo, tamaño de grano fino (Ver Fig. 27).

- **M20 Negro Imperio**

Mármol laminado de fondo negro y delgadas bandas blancas, con tamaño de grano fino y cristales de pirita (Ver Fig. 28).



*Fig. 27. Placa de revestimiento de piso en Mármol rosado. Dimensiones de la placa: 15 cm x 15 cm. Encontrado en Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 994.*



*Fig. 28. Botón de Mármol Negro Imperio. Dimensiones de la placa: 40 cm x 20 cm. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes.*

- **M21 Mármol Blanco Perla**

Mármol de color blanco uniforme a veces con manchas de color verde oscuro, de tamaño de grano medio (Ver Fig. 29).

- **M22 Mármol Ónix Fantasía**

Mármol de color beige claro con bandas de color marrón, foliado y plegado. (Ver Fig. 30).



*Fig. 29. Placa de Mármol Blanco Perla. Dimensiones de la placa: 10 cm x 10 cm.*



*Fig. 30. Placa de Mármol Ónix Fantasía. Dimensiones de la placa: 50 cm x 25 cm. En exposición en el Museo Geominero del Uruguay, Hervidero 2861.*

- **M23 Mármol Charrúa**

Mármol de color crudo y beige claro (Ver Fig. 31).

- **M24 Mármol Negro Tamara**

Mármol foliado de color de fondo negro a gris oscuro con bandas grises, a veces blancas (Ver Fig. 32).



*Fig. 31. Placa de Mármol Charrúa. Dimensiones de la placa: 50 cm x 40 cm. En exposición en el Museo Geominero del Uruguay, Hervidero 2861.*



*Fig. 32. Placa de revestimiento de piso en Mármol Negro Tamara. Dimensiones de la placa: 40 cm x 20 cm. Encontrado en Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 994.*

- **M25 Mármol Nueva Carrara**

Mármol de aspecto brechoso, con tonalidades rosas, ocre, grises y blancas (Ver Fig. 33).



*Fig. 33. Placa de revestimiento de piso en Mármol Nueva Carrara. Dimensiones de la placa: 80 cm x 30 cm. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes.*

- **M26 Mármol Verde Salus**

Mármol de fondo verde oscuro casi negro con tiras blancas, foliado y plegado. (Ver Fig. 34).



*Fig. 34. Placas de revestimiento de pared en Mármol Verde Salus. Dimensiones de las placas: 100 cm x 80 cm. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes.*

- **M27 Mármol Verde**

Mármol de fondo verde oscuro con manchas verde pistacho y a veces negras y/o blancas (Ver Fig. 35).



*Fig. 35. Placas de revestimiento de pared, y bloques, de Mármol Verde. Escala: escuadra de dimensiones 20 cm x 10 cm. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes.*

- **M28 Mármol Negro Charrúa**

Mármol con fondo negro de tamaño de grano fino con gran cantidad de venas blancas y a veces marrones de tamaño de grano más grueso (Ver Fig. 36).

- **M32 Mármol Travertino**

Mármol tipo travertino color beige claro (Ver Fig. 37).

- **M33 Mármol Travertino Marrón**

Mármol de aspecto similar al tipo travertino de color marrón con bandas que se alternan beige, gris, marrón oscuro y blanco (Ver Fig. 38).



*Fig. 36. Placa de revestimiento de pared en Mármol Negro Charrúa. Dimensiones de la placa: 100 cm x 40 cm. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes.*



*Fig. 37. Placa de revestimiento de piso en Mármol Travertino (centro de la imagen). Dimensiones de la placa: 30 cm x 10 cm. Encontrado en Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 994.*

- **M36 Mármol Amarillo de Minas**

Mármol rosado amarillento con tonalidades verdosas, tamaño de grano medio (Ver Fig. 39).

- **M37 Mármol Arabescato Oriental**

Mármol de fondo rosado, amarillo y blanco, con finas rayas marrones rojizas y negras. Una imagen de este mármol pueden ser encontrada en el Libro del Centenario (López Campaña, 1925). En el presente trabajo no se ha podido obtener registro fotográfico de esta variedad.



*Fig. 38. Placa de revestimiento de pared en Mármol Travertino Marrón. Dimensiones de la placa: 40 cm x 30 cm. Encontrado en Calle San José esquina Wilson Ferreira Aldunate.*



*Fig. 39. Escalón en Mármol Amarillo de Minas. Escala: escuadra de dimensiones 20 cm x 10 cm. Encontrado en escalinata de Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, Bulevar General Artigas 1031.*

- **M38 Mármol Cipollino Oriental**

Mármol de colores verde y blanco, de aspecto brechoso. López Campaña (1925) presenta una imagen de este mármol. En el presente trabajo no se ha podido obtener registro fotográfico de esta variedad.

### 6.3 Aplicaciones y características generales de deterioro

Se lograron identificar aplicaciones en diversos bienes culturales para 21 variedades de mármol ornamental nacional. Se citan en la base de datos las aplicaciones más destacadas de cada una de las variedades.

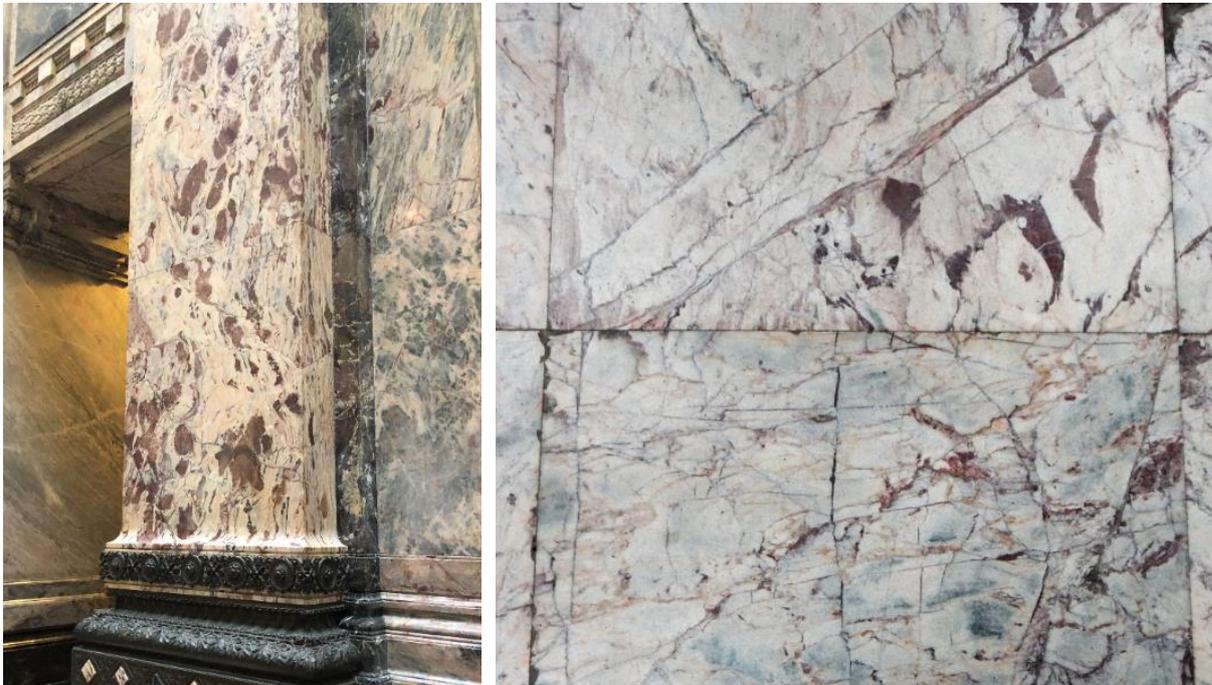
Respecto a las características generales del deterioro de las piezas, como cabe esperar, todos los mármoles presentan un mayor deterioro en las aplicaciones exteriores que en las interiores.

En los usos exteriores, en aplicaciones en paredes, las más conspicuas formas de deterioro son la decoloración y abrasión. Los mármoles más afectados en este aspecto son el Mármol Artigas (Ver Fig. 40) y el Mármol Nueva Carrara (Ver Fig. 41).



*Fig. 40. Diferencia de coloración en placas de revestimiento de pared de mármol Artigas, exterior (izquierda) e interior (derecha), evidenciando decoloración de las placas expuestas a la intemperie. Aplicación encontrada en el edificio ubicado en Calle Ellauri 697 esquina Solano Antuña. Escala: 25 cm.*

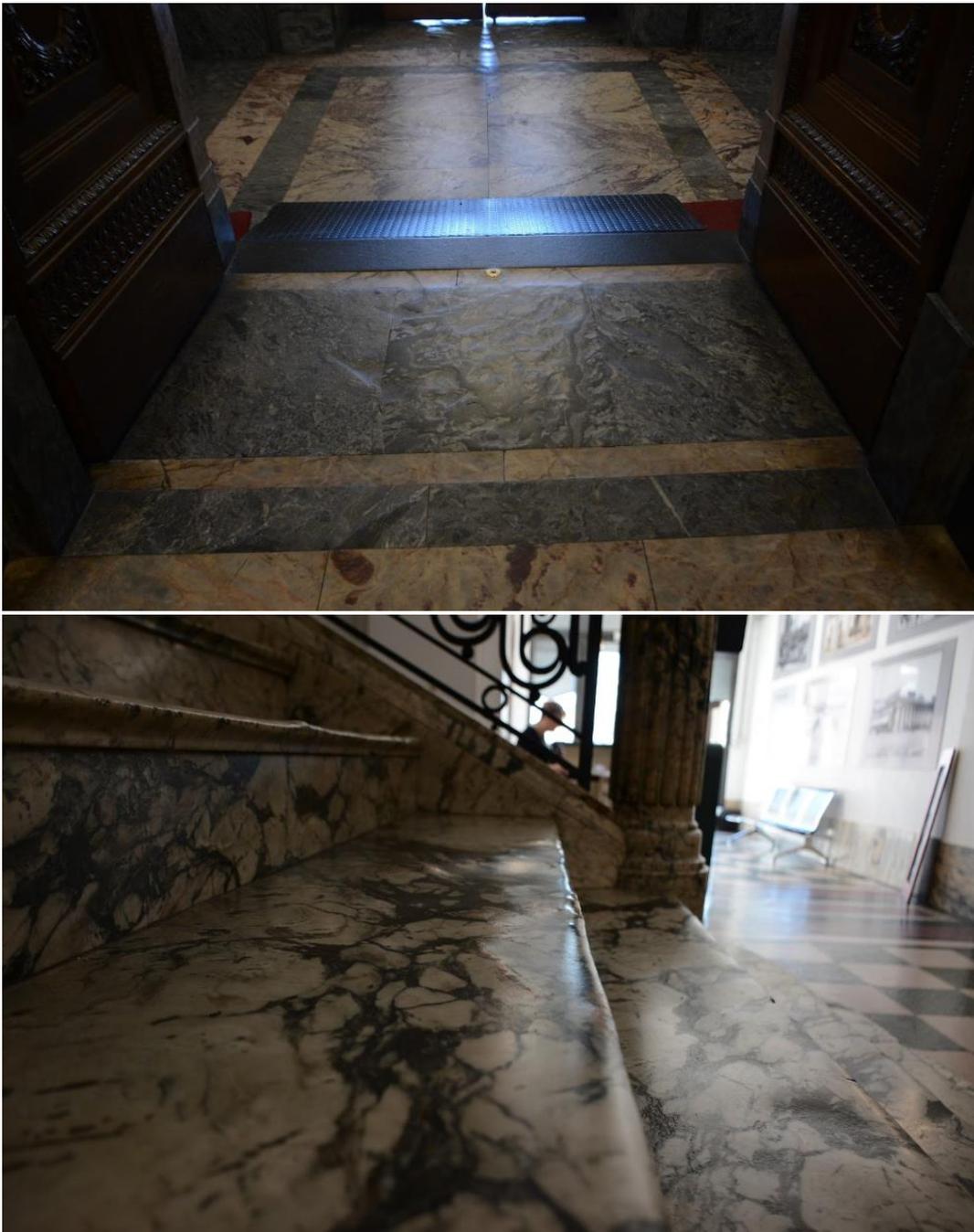
El deterioro de los mármoles relevados es en general menor en las aplicaciones en paredes que en aquellas placas utilizadas para revestimientos de pisos y/o escaleras. Las placas utilizadas para revestimiento de pisos interiores presentan abrasión y erosión diferencial como principal forma de deterioro (Ver Fig. 42).



*Fig. 41. Decoloración del Mármol Nueva Carrara aplicado en exterior (derecha) respecto a una aplicación interior (izquierda). Adicionalmente, la aplicación exterior presenta gran cantidad de fracturas. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes. Dimensiones de las placas: Izquierda - 100 cm x 50 cm. Derecha - 50 cm x 30 cm.*

Entre las variedades de mármol relevadas en aplicaciones exteriores cabe destacar al Mármol Gris N por presentar el menor deterioro. Las principales formas de deterioro de este mármol son la decoloración, pasando de un color gris perla a gris topo (Ver Fig. 43), y la erosión diferencial, que evidencia una menor resistencia a la abrasión en sus niveles blancos (probablemente calcíticos) (Ver Fig. 44). El deterioro de este mármol en aplicaciones interiores es mínimo, tal como se puede observar en la figura 23 que corresponde al hall de entrada del Edificio 14 de Mayo, construido en el año 1945 (Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, s.f.).

Respecto a las aplicaciones exteriores, los mármoles que presentan los mayores deterioros son el Mármol Amarillo de Minas y el Mármol Nueva Carrara. Ambos mármoles presentan una gran cantidad de fracturas que dan lugar a la fragmentación de las piezas. Adicionalmente, el Mármol Amarillo de Minas es el único mármol nacional relevado que presenta craquelado de sus superficies (Ver Fig. 45).



*Fig. 42. Ejemplos de formas de abrasión y erosión diferencial en placas de revestimiento de pisos y escaleras en mármoles nacionales. Superior – Erosión diferencial y abrasión en placas de revestimiento de pisos en Mármol Negro Tamara. Palacio Legislativo. Av. de las Leyes. Inferior – Erosión diferencial y abrasión en placas de revestimiento de escaleras en Mármol San Martín. Palacio Salvo. Plaza Independencia 848.*



*Fig. 43. Decoloración del Mármol Gris N en el Edificio 14 de Mayo. Av del Libertador Brig. Gral Juan Antonio Lavalleja 1470. Izquierda - Aplicación interior. Derecha - Aplicación exterior. Escala: escuadra de 20 cm x 10 cm.*



*Fig. 44. Erosión diferencial en respuesta a la menor resistencia a la abrasión que presentan los niveles blancos del Mármol Gris N respecto a su matriz color gris perla. Aplicación en piso interior, hall de entrada del Edificio Danubio, Calle Paraguay 1547.*



*Fig. 45. Craquelado desarrollado por el Mármol Amarillo de Minas. Escalinatas exteriores de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, Bulevar General Artigas 1031. Escala: escuadra de 20 cm x 10 cm.*

## 6.4 Petrografía

Se lograron obtener datos sobre la petrografía de 26 variedades comerciales de mármol nacional. Adicionalmente fue posible obtener muestras de nueve de ellas para la elaboración de láminas delgadas, las cuales fueron descritas mediante la utilización de un microscopio petrográfico de luz polarizada.

Las variedades de las que se obtuvieron muestras fueron: Mármol Artigas, Mármol Blanco Ónix, Mármol Rosado, Mármol Negro Imperio, Mármol Blanco Perla, Mármol Nueva Carrara, Mármol Negro Charrúa, Mármol Blanco Sol, y Mármol Amarillo de Minas.

### 6.4.1 Mármol Artigas

La muestra para la elaboración de la lámina delgada de esta roca fue extraída de la propia cantera en la cual esta variedad era explotada (Ver coordenadas en Anexo III).

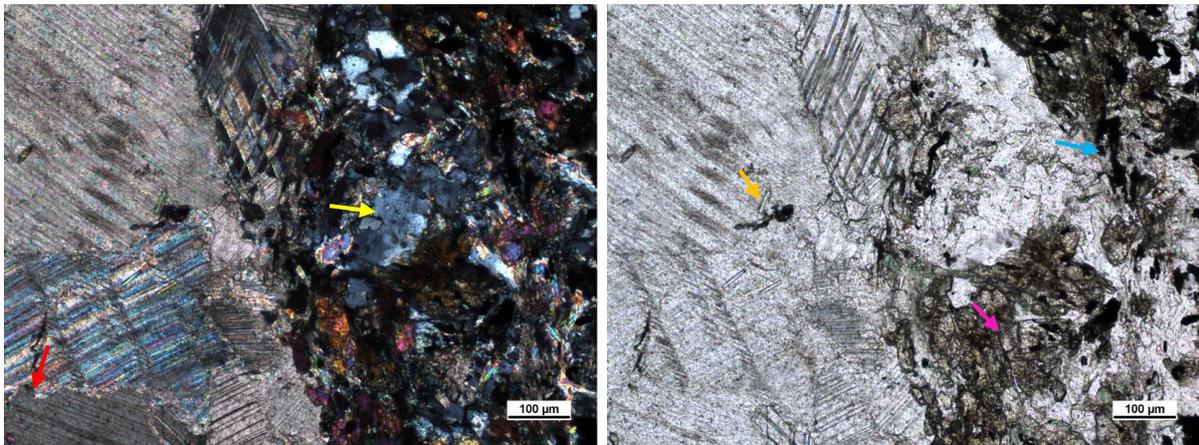
El Mármol Artigas presenta dos dominios composicionales, uno meramente carbonático de color rojo y otro silicático de color negro, que constituyen un bandeado que desarrolla plegamiento (Ver Fig. 46).

El dominio carbonático está compuesto en más de un 95% de carbonatos, de los cuales, mediante tinción con rojo de alizarina, se determinó que un 70% corresponden a calcita. Accesoriamente este dominio presenta cantidades menores de dolomita, cuarzo, talco y muscovita. Su textura es granoblástica con cristales subhedrales de carbonato de entre 200 y 700 micras, no se evidencia una orientación preferencial de los granos, y los bordes de estos son interlobados a planos. Las muscovitas y talcos se presentan en forma de pequeños cristales tabulares, subhedrales de alrededor de 100 micras de largo, los mismos se encuentran distribuidos en este dominio presentando una orientación preferencial con sus planos (001) paralelos a la foliación de la roca. Los cristales de cuarzo son de alrededor de 100 micras, presentan extinción ondulante y desarrollo de subgranos.

El dominio silicático está compuesto en un 50% por minerales opacos, 15 % de cuarzo, 10% de carbonatos, y el restante 25% está representado por anfíbol, talco, muscovita y clorita. Presenta textura granolepidoblástica con subdominios que se alternan entre unos más ricos en cuarzo y carbonatos (granoblásticos), y otros más ricos en talco, muscovita y clorita (lepidoblásticos), estos subdominios se distribuyen según un patrón anastomosado. Los opacos son de alrededor de 150 micras y presentan una orientación preferencial de forma que acompaña la foliación, los granos de cuarzo varían entre las 80 y 400 micras, mientras que los cristales de anfíbol son de unas 100 micras, y se muestran parcialmente

alterados a clorita. Por último, los cristales de talco, muscovita y clorita se presentan como jirones de aproximadamente 50 micras de espesor, y 2 a 3 milímetros de largo, estos se encuentran con sus planos basales orientados paralelamente a la foliación.

De acuerdo con lo descrito, y siguiendo los criterios del USGS (2004), Walther (1912), y Antonelli & Lazzarini (2015), esta variedad puede clasificarse como un mármol impuro, ordinario, heteroblástico, de grano medio.



*Fig. 46. Fotomicrografía de Mármol Artigas. Se observan los dos dominios composicionales: carbonático (izquierda de cada imagen) y silicático (derecha de cada imagen). Se pueden distinguir los bordes de granos interlobados (flecha roja) y cristales de talco (flecha naranja) en el dominio carbonático; y agregados de opacos (flecha celeste), granos de cuarzo (flecha amarilla) y anfíbol (flecha rosada) en el dominio silicático. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

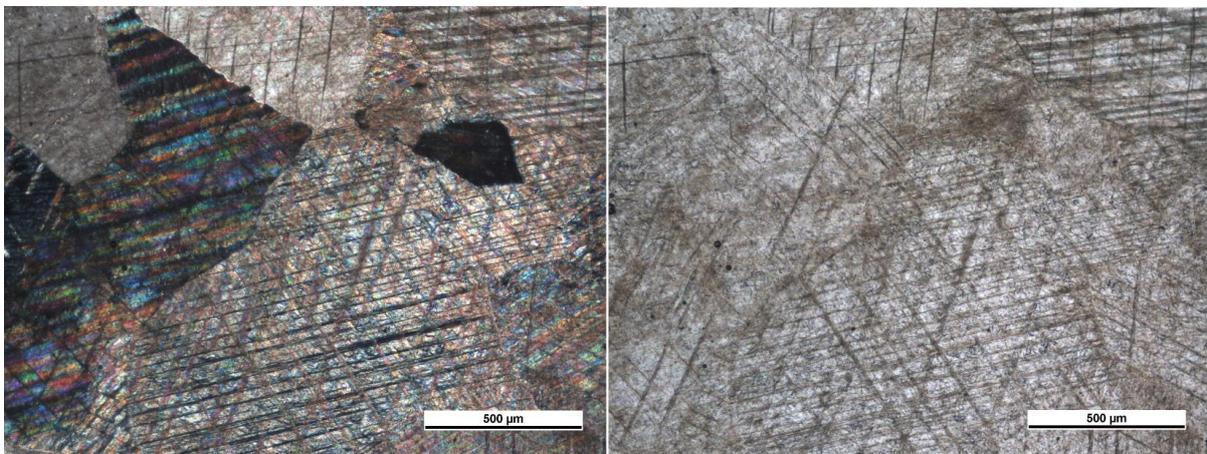
#### 6.4.2 Mármol Blanco Ónix

La muestra para la elaboración de la lámina delgada de esta variedad fue obtenida de la cantera (Ver coordenadas en Anexo III).

Una tinción con rojo de alizarina permitió determinar que el Mármol Blanco Ónix está compuesto en un 90% por dolomita, y un 8% de calcita dispersa, presentando accesoriamente apatito y tremolita. Su textura es granoblástica con

bordes de granos poligonales a levemente interlobados, el tamaño de los cristales de carbonato está comprendido entre las 550 y 2500 micras, mientras que los cristales de tremolita y apatito son de alrededor de 50 y 100 micras respectivamente (Ver Fig. 47).

Dadas estas características, siguiendo la clasificación de la USGS (2004) el Mármol Blanco Ónix es un mármol dolomítico propiamente dicho. Se trata de un mármol de tipo ordinario (Walther, 1912), homoblástico, de grano medio (Antonelli & Lazzarini, 2015).



*Fig 47. Fotomicrografía de Mármol Blanco Ónix. Textura granoblástica desarrollada por cristales de dolomita con bordes de grano poligonales a levemente interlobados. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

#### 6.4.3 Mármol Rosado

Una muestra de este mármol fue extraída de la cantera (Ver coordenadas en Anexo III) para la elaboración de la lámina delgada.

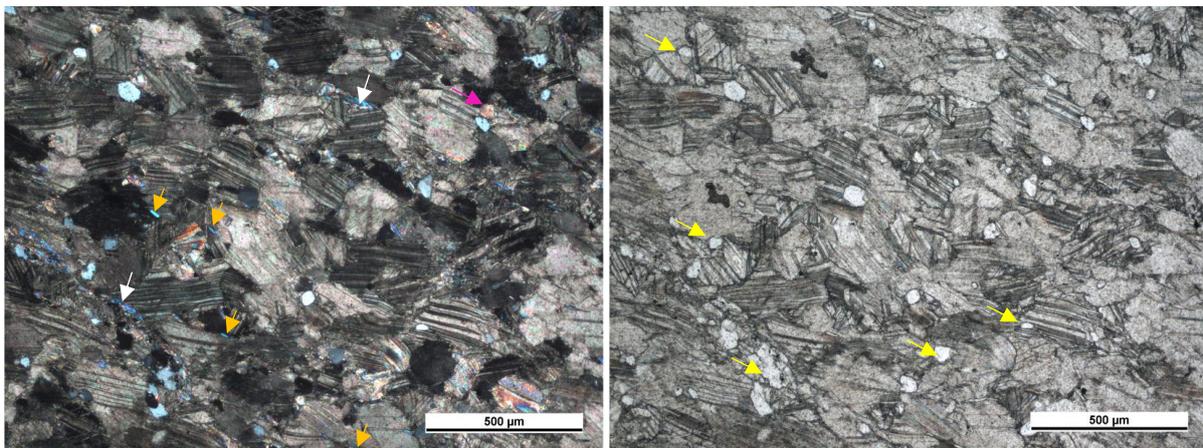
El Mármol Rosado está compuesto en un 90% por calcita, presentando accesoriamente cuarzo, flogopita, anfíbol, muscovita, clorita, y talco.

Esta roca presenta una textura inequigranular seriada, donde se observan cristales de calcita de 40 micras a 1000 micras, los bordes de los granos mayores

se observan fuertemente interlobados, además de presentar maclas curvadas. Estos cristales desarrollan una orientación preferencial de forma definiendo una foliación (Ver Fig. 48).

El cuarzo aparece tanto aislado como en agregados de cristales, los cristales individuales son de alrededor de 50 micras y se presentan distribuidos de forma más o menos homogénea en toda la roca, mientras que los agregados poseen dimensiones aproximadas de 300 micras. Los cristales de flogopita, muscovita, clorita, y talco tienen dimensiones comprendidas entre las 50 a 100 micras, aparecen aislados y orientados paralelamente a la foliación.

Esta variedad comercial de mármol ornamental es un mármol calcítico propiamente dicho según la clasificación de la USGS (2004). Se trata de un mármol tipo ordinario (Walther, 1912), heteroblástico, de grano fino (Antonelli & Lazzarini, 2015).



*Fig. 48. Fotomicrografía del Mármol Rosado. Cristales de calcita orientados con maclas curvas y bordes fuertemente interlobados. Se observan cristales de cuarzo bien distribuidos (flechas amarillas), anfíbol (flecha rosada), pequeños cristales de talco (flechas naranjas) y flogopita (flechas blancas) orientados paralelamente a la foliación. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

#### 6.4.4 Mármol Negro Imperio

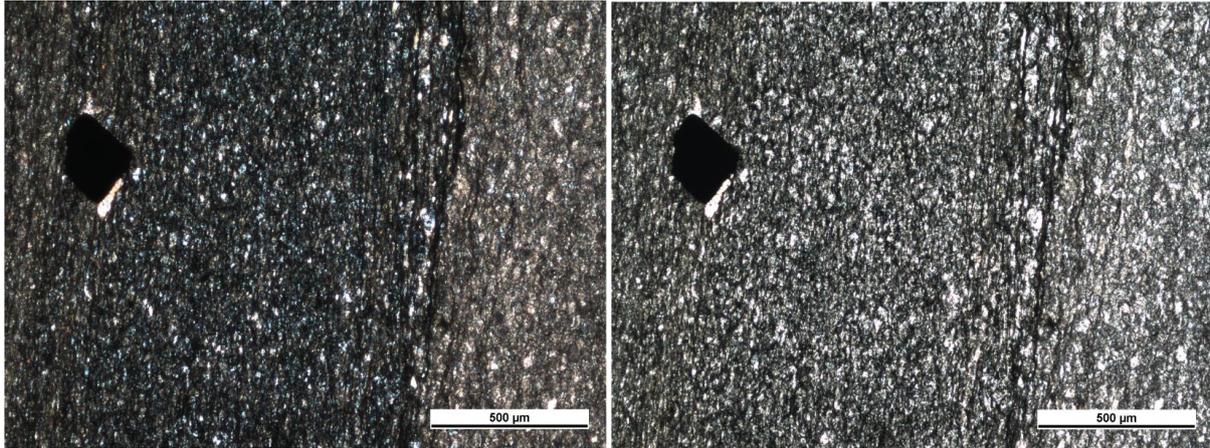
Una muestra de esta roca fue obtenida de la cantera (Ver coordenadas en Anexo III) para la elaboración de la lámina delgada.

Roca finamente bandeada en la que se alternan bandas claras y oscuras. La fábrica de la roca presenta una fuerte orientación preferencial de forma de los granos en general, su matriz fina bandeada se ve interrumpida ocasionalmente por cristales de pirita de alrededor de 250 micras. El espesor de las bandas claras varía entre 1 y 5 milímetros, mientras que el de las bandas oscuras es de 1 a 2 milímetros (Ver Fig. 49).

Las bandas blancas tienen un tamaño de grano de 20 a 50 micras y están compuestas en un 80% por carbonatos, presentando cantidades menores de cuarzo, muscovita, y clorita.

Las bandas negras tienen un tamaño de grano de aproximadamente 20 micras, estas presentan un contenido de un 60% de filosilicatos, donde predomina la clorita, aunque también aparece muscovita, biotita, y talco. Estas se disponen en jirones que acompañan la foliación de la roca, y se perciben como finas bandas verde oscuras casi negras, de distribución anastomosada. Adicionalmente se observan cuarzo y carbonatos.

Mediante la tinción con rojo de alizarina se logró determinar que los carbonatos presentes en esta roca corresponden en su totalidad a dolomita. Esta roca fue clasificada por Morales Demarco (2012) como una semipelita dolomítica pizarrosa siguiendo los criterios de Robertson (1999).



*Fig. 49. Fotomicrografía de Mármol Negro Imperio. Alternancia de bandas claras (carbonáticas) y oscuras (filosilicáticas), y cristal de pirita. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

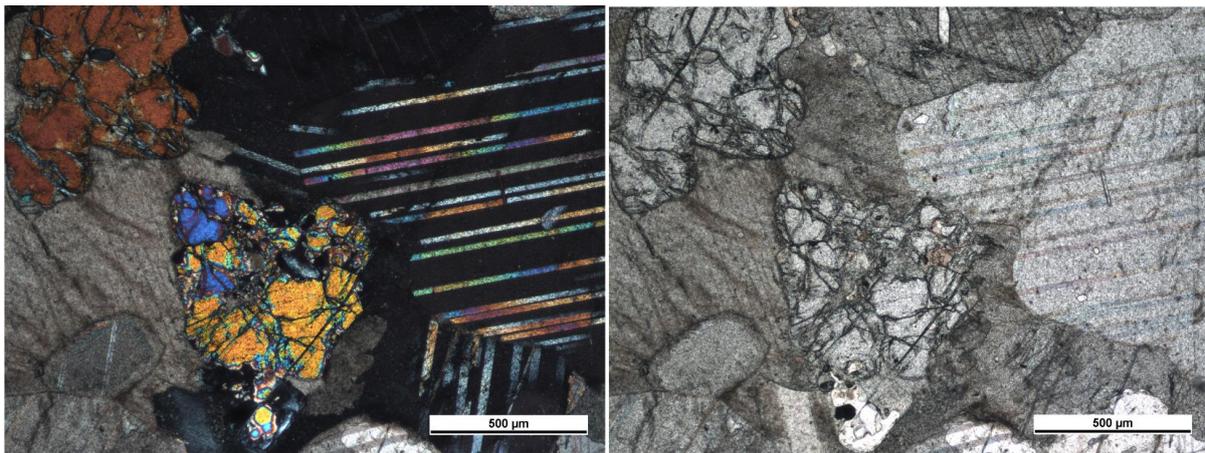
#### 6.4.5 Mármol Blanco Perla

La muestra de este mármol fue obtenida de la cantera (Ver coordenadas en Anexo III) para la elaboración de las láminas delgadas.

El Mármol Blanco Perla está compuesto en un 95% por carbonatos presentando secundariamente olivinos en un porcentaje aproximado de 4%, y un 1% restante de accesorios como cuarzo, talco y clorita.

La roca presenta textura granoblástica con bordes de granos poligonales a suavemente interlobados, los carbonatos varían de tamaño entre las 540 y 2200 micras. La clorita aparece más comúnmente rodeando los cristales de olivino más pequeños. Los olivinos son también de gran tamaño, variando entre 650 y 3000 micras (Ver Fig. 50).

La tinción con rojo de alizarina de esta roca permitió determinar que la totalidad de los carbonatos corresponden a dolomita, por lo que de acuerdo con la clasificación del USGS (2004) el Mármol Blanco Perla es un mármol dolomítico, y puede clasificarse además como un mármol homoblástico, de grano medio (Antonelli & Lazzarini, 2015), y de tipo ordinario (Walther, 1912). Chiglino et al. (2005) presentan una clasificación similar para este mármol y análisis geoquímicos para su yacimiento.



*Fig. 50. Fotomicrografía de Mármol Blanco Perla. Cristales anhedrales de olivino rodeados por carbonatos subhedrales con bordes poligonales a interlobados. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

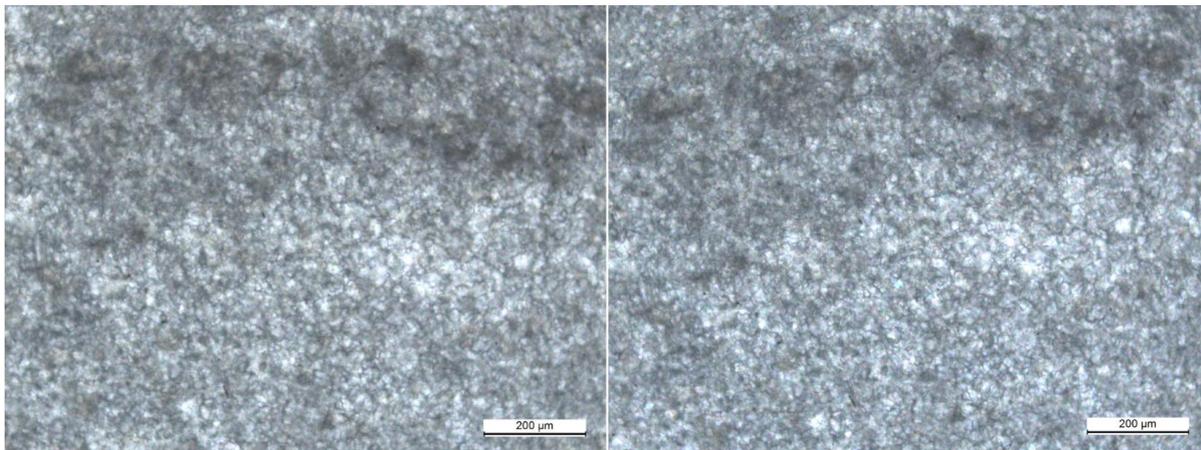
#### 6.4.6 Mármol Nueva Carrara

La muestra obtenida de este mármol para la elaboración de la lámina delgada corresponde a un fragmento caído de una placa pulida de revestimiento exterior de un edificio encontrado en la Calle Reconquista 513, Montevideo.

El Mármol Nueva Carrara se encuentra compuesto por más de 80% de carbonatos, presenta una textura equigranular con bordes de grano interlobados. Macroscópicamente se diferencian dominios de colores blancos y ocre rojizos que le confieren a la roca un aspecto general brechoso. En lámina delgada estos dominios son diferenciables por el contenido de hematita, que se encuentra dispersa en los dominios ocre rojizos, representando aproximadamente entre un 10 y un 15% de los mismos (Ver Fig. 51).

El tamaño de grano varía entre las 5 y 20 micras para los carbonatos, aunque en algunos sectores se localizan agregados de cristales de carbonato de mayor tamaño (nunca superior a las 150 micras). Por su parte los cristales de hematita son de aproximadamente 5 micras.

La tinción de la roca con rojo de alizarina permitió determinar que esta presenta dos dominios composicionales que se alternan, uno calcítico y otro dolomítico con calcita dispersa. Según el criterio establecido por el USGS (2004), esta roca clasifica como un mármol impuro. Se trata de un mármol homoblástico (Antonelli & Lazzarini, 2015), de tipo estatuario (Walther, 1912). Gacucher et al. (2007; 2011) reportan la existencia de estrematolitos cónicos en el yacimiento de Nueva Carrara, que explican la variación de colores y fábricas del mármol. Asimismo, muestran que el mármol presenta decoloración y recristalización debido a metamorfismo de contacto.



*Fig. 51. Fotomicrografía de Mármol Nueva Carrara. Textura equigranular, con cristales de tamaño fino. Se observa nivel rico en hematita (más oscuro) en la parte superior de las imágenes. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

#### 6.4.7 Mármol Negro Charrúa

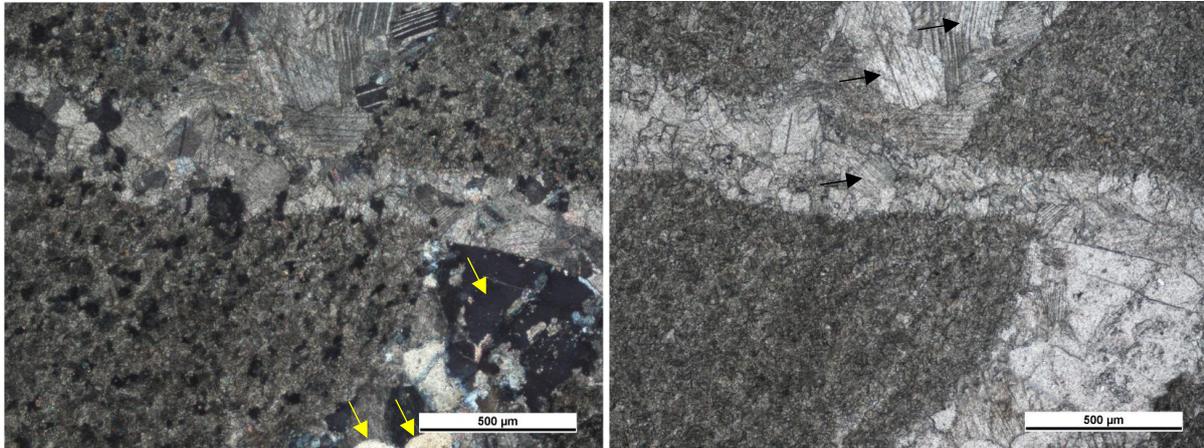
La muestra de esta roca para la elaboración de la lámina delgada proviene de una placa pulida, la que fue provista por la docente Dra. Manuela Morales Demarco.

La mineralogía del Mármol Charrúa consta en un 90% de carbonatos, apareciendo cristales de talco de forma accesoria. La tinción de esta roca con rojo de alizarina permitió identificar que la matriz alterna entre agregados con predominio de calcita, y otros con predominio de dolomita.

La roca consta de una matriz carbonática fina (20 a 150 micras) con ocurrencia de opacos (menos del 1%), recortada por venas de grano más grueso. Esta presenta textura inequigranular seriada con una marcada orientación preferencial y bordes de grano interlobados. Las venas que recortan la matriz son de composición carbonática, cuarzosa, y mixta, con un tamaño de cristales que va desde las 150 a las 600 micras (Ver Fig. 52).

Las venas se recortan entre sí y algunas evidencian desplazamiento (fallamiento), sus dimensiones varían entre 200 y 600 micras de ancho, y asociados a sus bordes es que se observan los cristales de talco.

De acuerdo con la clasificación del USGS (2004) esta roca es un mármol impuro, heteroblástico, de grano fino (Antonelli & Lazzarini, 2015), y de tipo ordinario (Walther, 1912).



*Fig. 52. Fotomicrografía de Mármol Negro Charrúa. Matriz carbonática de grano fino fuertemente orientada, recortada por venas de cuarzo (flechas amarillas) y carbonatos (flechas negras), de grano más grueso. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

#### 6.4.8 Mármol Blanco Sol

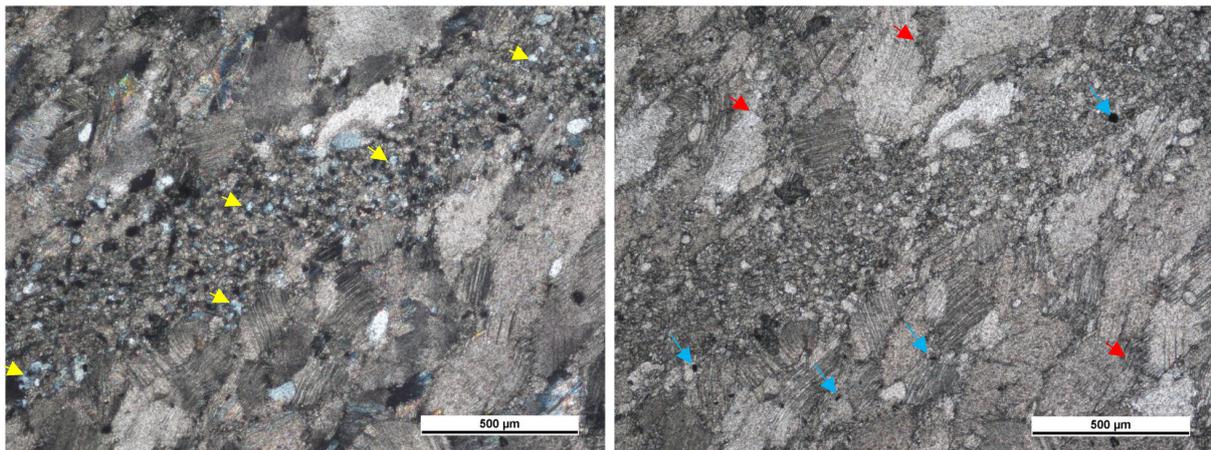
La lámina delgada de esta roca fue elaborada a partir de una muestra obtenida de su cantera (Ver coordenadas en Anexo III).

La variedad comercial de mármol ornamental conocida bajo el nombre de Mármol Blanco Sol está compuesta por un 80% de carbonatos, cantidades menores de cuarzo, y accesoriamente opacos. La tinción de esta roca con rojo de alizarina permitió determinar que su composición es predominantemente dolomítica, presentando pequeñas intercalaciones de calcita.

La roca alterna bandas carbonáticas con otras carbonático-cuarzosas. Las bandas carbonáticas desarrollan una textura inequigranular, con granos de 50 a 900 micras, los que presentan una orientación preferencial de forma, definiendo una foliación. El borde de grano de estos carbonatos se observa fuertemente interlobado. Las bandas carbonático-cuarzosas desarrollan una textura

equigranular, con tamaño de grano de alrededor de 80 micras, y bordes de grano interlobados, en estos dominios las proporciones de cuarzo y carbonato son similares (Ver Fig. 53).

Dado lo anterior, siguiendo el criterio de clasificación del USGS (2004), esta roca es un mármol impuro, más precisamente, se trata de un mármol heteroblástico de grano fino (Antonelli & Lazzarini, 2015), y de tipo ordinario (Walther, 1912).



*Fig. 53. Fotomicrografía del Mármol Blanco Sol. Alternancia de bandas carbonáticas (mayor tamaño de grano), con granos de bordes fuertemente interlobados (flechas rojas), con una banda carbonático-cuarzosa (menor tamaño de grano). Se distinguen cristales de cuarzo (flechas amarillas) y opacos (flechas celestes) de pequeño tamaño. Izquierda: Luz polarizada cruzada. Derecha: Luz polarizada plana.*

#### 6.4.9 Mármol Amarillo de Minas

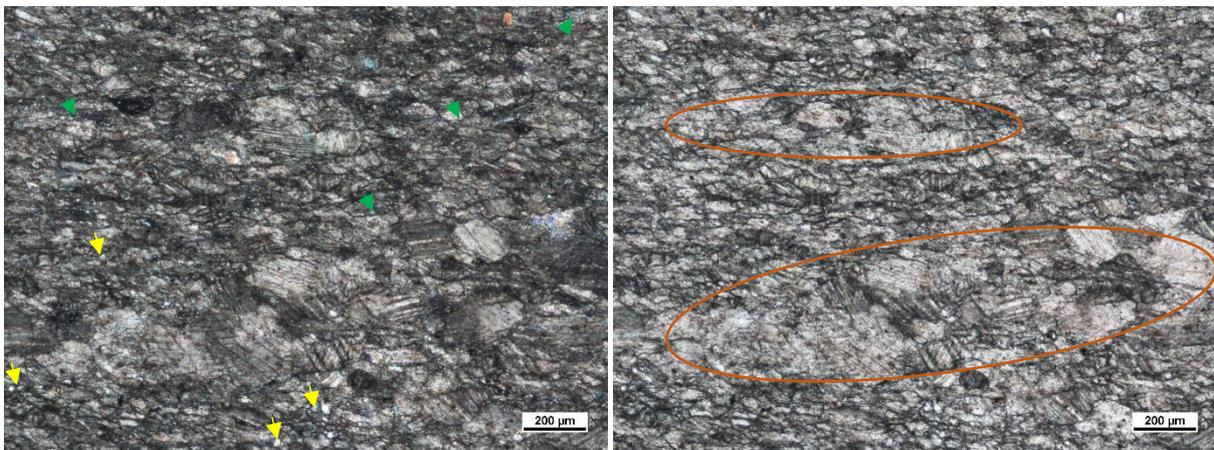
La muestra obtenida de este mármol para la elaboración de la lámina delgada corresponde a un fragmento caído de una placa pulida de revestimiento exterior del edificio de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República (Bulevar General Artigas 1031).

El mármol Amarillo de Minas está compuesto en más de un 95% por carbonatos, presentando accesoriamente cuarzo y muy finos cristales de muscovita (entre 20

y 40 micras), la determinación del tipo de carbonato mediante tinción con rojo de alizarina mostró que su composición es enteramente calcítica.

La roca se encuentra compuesta por una matriz carbonática fina, con cristales de bordes interlobados, de tamaños alrededor de las 100 micras, y que desarrollan una orientación preferencial de forma, marcando una foliación en la roca. Inmersa en esta matriz se presentan finos cristales de cuarzo y muscovita, y agregados de cristales de carbonato de mayor tamaño (200 a 500 micras), subautomorfos, con bordes de grano rectos a levemente interlobados, la forma de estos agregados es alargada en la dirección de la foliación de la roca (Ver Fig. 54).

Siguiendo el criterio de clasificación del USGS (2004), esta roca es un mármol calcítico, más precisamente, se trata de un mármol heteroblástico de grano fino (Antonelli & Lazzarini, 2015), y de tipo ordinario (Walther, 1912).



*Fig. 54. Fotomicrografía de Mármol Amarillo de Minas. Matriz carbonática fina con pequeños cristales de cuarzo (flechas amarillas) y muscovita (flechas verdes), donde se encuentran agregados de carbonatos subautomorfos de mayor tamaño (delimitados por la línea marrón) cuya forma acompaña la foliación de la roca.*

## 6.5 Propiedades físicas

Se logró recabar información sobre las propiedades físicas de un total de siete variedades de mármoles ornamentales nacionales (Ver Tabla 3).

*Tabla 3: Propiedades físicas de mármoles ornamentales nacionales. Modificado de Comunidad Económica Europea (s.f.); Ginares et al. (2016).*

Código	Nombre	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Coef. de imbibición (‰)
M01	Artigas	2,760	0,18	0,62
M04	Sirius	2,759	ND	0,73
M08	Rojo marroquí	2,832	ND	1,98
M12	Gris N	2,929	ND	0,39
M17	Blanco Onix	2,915	ND	0,75
M21	Blanco Perla	2,880	0,18	0,83
M24	Negro Tamara	2,840	ND	0,50

Sus densidades se encuentran entre 2759 kg/m<sup>3</sup> para el Mármol Sirius, y 2929 kg/m<sup>3</sup> para el Mármol Gris N (Comunidad Económica Europea, s.f.).

Respecto a la porosidad solo se tienen datos para los mármoles Blanco Perla y Artigas, los cuales poseen un valor de 0,18% (Ginares et al., 2016), por lo que podemos decir que poseen una muy baja porosidad.

Los coeficientes de imbibición son en general bajos para todas las variedades de mármol consideradas, pero solo el Mármol Gris N puede ser considerado como resistente al intemperismo de acuerdo con la norma DIN 52008, pues presenta un coeficiente de imbibición de 0,39‰ (Comunidad Económica Europea, s.f.).

## 6.6 Propiedades mecánicas

Se lograron compilar datos de las propiedades mecánicas de ocho variedades de mármol ornamental nacional. Debido a que las diversas fuentes determinaron los valores de las propiedades mecánicas siguiendo diferentes normas, los valores no son comparables entre sí (Ver Tabla 4).

*Tabla 4: Propiedades mecánicas de mármoles ornamentales nacionales. Modificado de Comunidad Económica Europea (s.f.); Ginares et al. (2016); Walther (1925).*

Código	Nombre	R. a la Compresión (x; y; z) (MPa)	R. a la tensión (x; y; z) (MPa)	R. a la flexión (x; y; z) (MPa)	R. a la abrasión (x; y; z) (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )
M01	Artigas	140,5; 123,2; 119,3	9,1; 8,8; 7,6	13,6; 21; 11	11,1; 8,5
M04	Sirius	88,9	ND	ND	38,1
M08	Rojo Marroquí	120	ND	ND	26,4
M12	Gris N	89,3	ND	ND	28,85
M17	Blanco Onix	122,6	ND	ND	31,5
M21	Blanco Perla	145,6; 137,7; 151,1	7,5; 7,7; 7,4	17	16,7; 16,7
M24	Negro Tamara	132,4	ND	ND	28,15
M25	Nueva Carrara	149	ND	ND	ND

De acuerdo con los datos publicados por Ginares et al. (2016), el Mármol Artigas posee una menor resistencia a la compresión uniaxial que el Mármol Blanco Perla, además el primero muestra una mayor anisotropía en estos valores. Por otro lado, el Mármol Blanco Perla tiene una resistencia a la abrasión significativamente menor a la del Mármol Artigas.

De la comparación de los datos publicados por la Comunidad Económica Europea (s.f.), destaca por su resistencia a la compresión uniaxial el Mármol Negro Tamara (132,4 MPa), teniendo además este mármol la segunda mayor resistencia a la abrasión después del Mármol Sirius.

## 7. Discusión

### 7.1 Fidelidad de los datos

Los datos de localización de las canteras se obtuvieron a través de la correlación de información, principalmente se contó con las descripciones de las canteras relevadas por Arrighetti & Gianotti (2012), y con los datos de las descripciones de décor provenientes de otras diversas fuentes (Bossi, 1969; Bossi, 1978; DINAMIGE, 1987; Comunità Economica Europea, s.f.; López Campaña, 1925). Así, la precisión de dicha correlación de información es la que determina la fidelidad del dato final que consta en la base. Sin embargo, cabe destacar que en la mayoría de los casos las fuentes de los datos corresponden a publicaciones donde el enfoque no era ornamental, por ende, las descripciones de los decores de los mármoles eran muy escuetas y no se proveían imágenes de estos. Para la adecuada localización de los depósitos sería necesario realizar un relevamiento de todas las canteras identificadas, pero dicho relevamiento escapa a los objetivos planteados para el presente trabajo.

Respecto a los datos de aplicaciones y deterioro, estos son de alta fidelidad ya que fueron obtenidos en campo para la mayoría de las variedades, y se aporta, para todos los casos, la dirección del bien cultural donde se encontró la referida aplicación. Asimismo, los datos de propiedades físicas y mecánicas corresponden a ensayos estandarizados, por lo que la confianza de estos es muy alta.

En términos generales, y salvando las excepciones anteriormente descritas, aquellos datos que se repiten coincidentemente en diversas fuentes revisten un mayor grado de confianza.

## 7.2 Consideraciones sobre el décor

En todos los casos las aplicaciones encontradas tienen al menos entre dos y tres décadas de antigüedad, por lo que el deterioro de las piezas hace difícil la tarea de reconocer la variedad comercial a la que corresponden. Sumado a esta dificultad el relevamiento de bienes culturales dio con variedades cuyo décor no corresponde a ninguna de las descripciones encontradas en la bibliografía, así como con variaciones no reportadas del décor de mármoles conocidos.

### 7.2.1 Variedades no conocidas

Durante el relevamiento de los mármoles nacionales empleados para el piso interior del Palacio Brasil (Av. 18 de Julio 990), se encontraron 3 variedades de mármol cuyos decores no coinciden con ninguno de los descritos en la bibliografía (Ver Fig. 55).



*Fig. 55. Placas de revestimiento de piso interior en variedades de mármoles nacionales con décor inédito. Encontrado en el Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 990. Dimensiones de las placas: 50 cm x 25 cm.*

De forma similar, se encontraron variedades de mármoles nacionales con décor inédito en columnas del vestíbulo del sector Norte del Palacio Legislativo de Montevideo (Ver Fig. 56), así como en los botones de las columnas del Salón de los Pasos Perdidos de este mismo edificio (Ver Fig. 57).



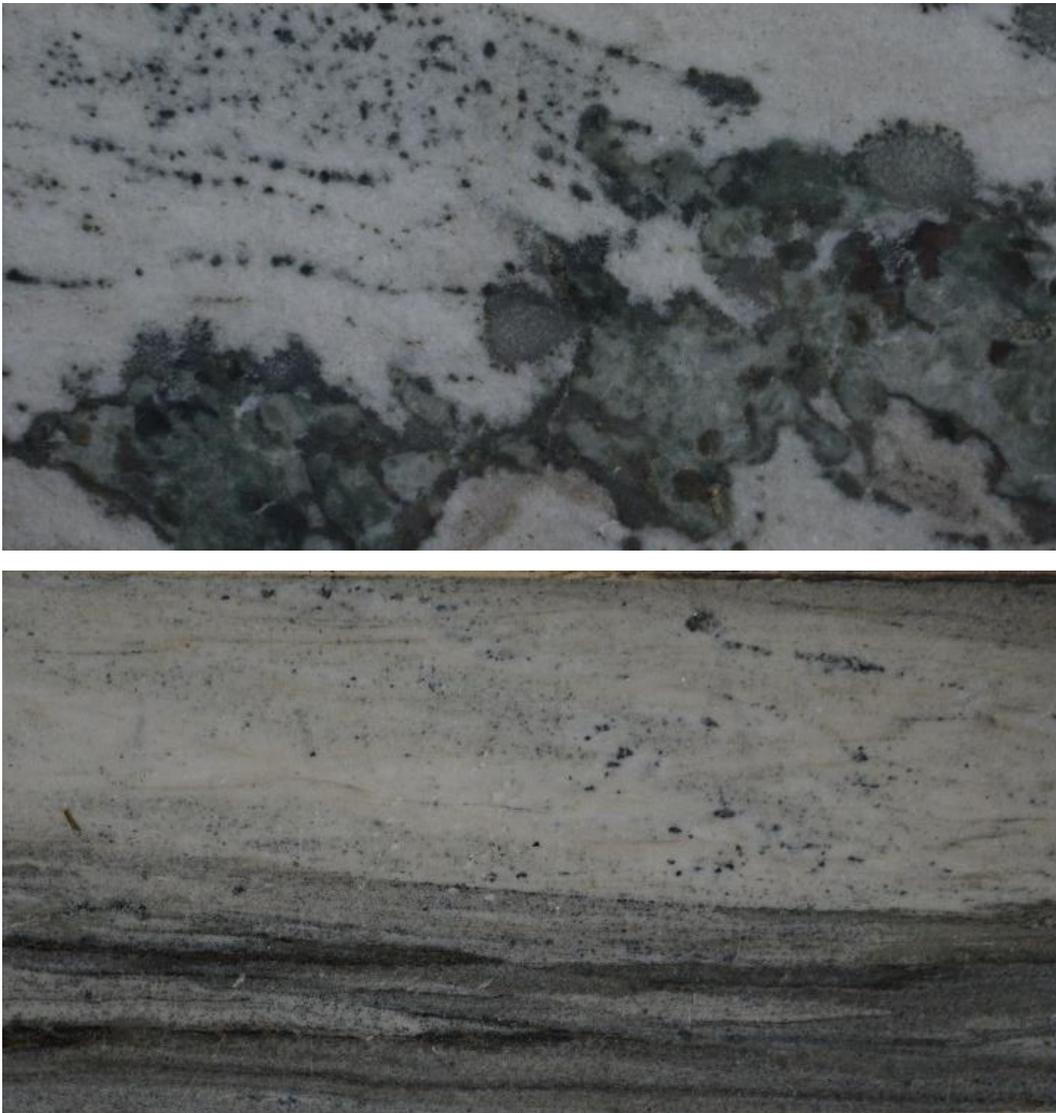
*Fig. 56. Columna labrada en una sola pieza de mármol de décor inédito. Encontrada en el vestíbulo Norte del Palacio Legislativo de Montevideo, Av. De las Leyes. Escala: escuadra de 20cm x 10cm.*



*Fig. 57. Botones elaborados en mármoles nacionales con décor inédito. Encontrado en el Palacio Legislativo, Av. de las Leyes. Dimensiones de las placas: 40 cm x 20 cm.*

### 7.2.2 Variaciones del décor

Durante el relevamiento de los mármoles nacionales empleados para el revestimiento de los pisos interiores del Palacio Brasil (Av. 18 de Julio 990) fueron encontradas algunas piezas que muestran el pasaje entre una variedad comercial de décor conocido a otra cuyo décor no se encontraba reportado hasta el momento de la elaboración del presente trabajo. Ejemplos de lo anterior son las variaciones de décor del Mármol Blanco Perla (Ver Fig. 58), y del Mármol Negro Tamara (Ver Fig. 59).



*Fig. 58. Variaciones inéditas del décor del Mármol Blanco Perla en placas de revestimiento de piso interior. Encontrado en Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 990. Dimensiones de las placas: 50cm x 25xm.*



*Fig. 59. Variación inédita del décor del Mármol Negro Tamara en placa de revestimiento de piso interior. Encontrado en Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 990. Dimensiones de la placa: 50cm x 25cm.*

Durante el relevamiento de las aplicaciones de mármoles nacionales empleados en la ornamentación del Edificio Danubio, se encontró una variedad de mármol con décor inédito, la cual, por su similitud con una placa de Mármol Artigas encontrada en el revestimiento del piso del Palacio Brasil, se cree podría corresponder a una variación de este (Ver Fig. 60).



*Fig. 60. Similitud de decores. Izquierda - Placas de revestimiento de pared de dimensiones 100 cm x 50 cm; Edificio Danubio, Calle Paraguay 1547. Derecha - Variación del décor en una placa de revestimiento de piso en Mármol Artigas, dimensiones 60 cm x 40 cm; Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 990.*

En concordancia con lo mencionado por Cervieri (1967) respecto a que se obtenían diversas variedades comerciales de mármol nacional de una misma cantera, se lograron identificar, en diversas placas, el contacto entre variedades comerciales conocidas (Ver Fig. 61).



*Fig. 61. Placas donde se observa el contacto entre variedades comerciales conocidas de mármoles nacionales. Izquierda – Zócalo elaborado en Mármol Artigas donde se evidencia el contacto de este con el Mármol Maciel; Primer piso del Palacio Salvo, Plaza Independencia 848. Derecha – Placa de revestimiento de piso en Mármol Artigas que muestra el contacto de este con el Mármol San Martín; Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 990.*

Para el caso particular del Mármol Nueva Carrara fue posible identificar, en el Palacio Legislativo de Montevideo, 4 variedades (Ver Fig. 62), todas ellas con fabricas similares, pero donde el color predominante varía. Si bien la variedad más conocida de este mármol es ocre a rojiza, también se observan otras donde el color predominante es gris, rosado, o blanco.



*Fig. 62. Variaciones de décor del Mármol Nueva Carrara encontradas en el Palacio Legislativo de Montevideo, Av. De las Leyes. A - Variedad gris; placa de revestimiento de piso, 40 cm x 40 cm. B - Columna del Salón de los Pasos Perdidos, revestida en Mármol de Nueva Carrara en sus variedades ocre rojiza (izquierda) y gris (derecha). C - Variedad ocre rojiza; placa de revestimiento de piso, 50 cm x 50 cm. D - Variedad rosada; baranda y pared lateral de escalera al subsuelo. E – Variedad blanca; placa de revestimiento de piso, 30 cm x 30 cm.*

### 7.3 Petrografía

Si bien para la mayoría de los casos el esquema de clasificación del USGS (2004) resultó ser útil e intuitivo, en el caso del Mármol Negro Imperio, se optó por respetar la caracterización realizada por Morales Demarco (2012), que toma como base la clasificación de Robertson (1999), por no tratarse esta variedad de un mármol propiamente dicho.

De acuerdo con la clasificación propuesta por Walther (1912), de los mármoles descritos en lámina delgada en el presente trabajo, solamente el Mármol Nueva Carrara clasifica como mármol estatuario. La efectividad de dicha clasificación parece estar respaldada por las observaciones en campo, donde se observó la gran capacidad de este mármol de ser tallado, esculpido y pulido (Ver Fig. 63).



*Fig. 63. Tallados y esculpidos en Mármol Nueva Carrara en sus variedades gris (A), blanco (B), y ocre rojizo (C). Encontrado en el Palacio Legislativo de Montevideo, Av. De las leyes.*

#### 7.4 Propiedades físicas

Respecto a las propiedades físicas, todas las variedades poseen porosidades inferiores al 1% (Ver Anexo III), esperable para rocas metamórficas (Siegesmund & Snethlage, 2011).

Los coeficientes de imbibición de los mármoles Gris N y Negro Tamara (Ver Anexo III) permitirían clasificar a estas variedades como resistentes al

intemperismo (DIN 52008). Las observaciones en campo permitieron constatar, para el caso del Mármol Gris N, que efectivamente su deterioro en aplicaciones exteriores es muy bajo, presentando decoloración como único signo de deterioro.

Cuando se observan los datos de propiedades físicas de los mármoles nacionales en comparación con aquellos de mármoles extranjeros, no se aprecian diferencias significativas de densidad o porosidad, pero los mármoles uruguayos presentan un mayor coeficiente de imbibición (Ver Tabla 5).

*Tabla 5. Propiedades físicas de mármoles nacionales e internacionales. Modificado de: Siegesmund & Snethlage, 2011.*

Nombre comercial	País de origen	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Coef. de imbibición (‰)
Rosa Estremoz	Portugal	2710	0,14	ND
Phran Kratai	Tailandia	2680	0,6	ND
Azul Cielo	Argentina	2710	0,41	0,2
Artigas	Uruguay	2760	0,18	0,62
Blanco Perla	Uruguay	2880	0,18	0,83

## 7.5 Propiedades mecánicas

Según varios autores, existe en términos generales una relación entre la densidad, porosidad efectiva, y resistencia mecánica de una roca. A mayor densidad y menor porosidad efectiva, mayor es la resistencia mecánica de la muestra (Morales Demarco et al, 2007; Mosch, 2008). Si bien solo poseemos datos comparables (determinados siguiendo la misma norma) para los mármoles nacionales Artigas y Blanco Perla, los datos parecen coincidir con las observaciones de dichos autores, ya que ambos mármoles poseen la misma porosidad, mas el Mármol Artigas presenta una mayor densidad, así como una mayor resistencia a la compresión (Ver Tabla 6).

La comparación de los valores medios de resistencias mecánicas de los mármoles nacionales e internacionales muestran que los primeros poseen una resistencia a la compresión uniaxial alta, resistencia a la flexión y tensión promedio, y destaca el Mármol Artigas por su alta resistencia a la abrasión (Ver Tabla 6).

*Tabla 6. Valores promedio de las propiedades mecánicas de mármoles nacionales e internacionales. Modificado de: Siegesmund & Snethlage, 2011.*

Nombre Comercial	País de origen	R. a la Compresión (MPa)	R. a la flexión (MPa)	R. a la tensión (MPa)	R. a la abrasión (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )
Rosa Estremoz	Portugal	81,2	16,4	6,8	24,9
Phran Kratai	Tailandia	122,1	25,3	8,9	15
Azul Cielo	Argentina	50,2	5,9	3,5	ND
Artigas	Uruguay	127,6	15,2	8,5	9,8
Blanco Perla	Uruguay	144,8	17	7,5	16,7

Si bien en términos generales la resistencia a la abrasión aumenta a medida que disminuye el contenido de minerales blandos como las micas (Siegesmund & Snethlage, 2011), el Mármol Artigas, rico en filosilicatos, es poco susceptible a la abrasión. Esto quizás pueda deberse a que presenta bordes de granos más marcadamente interlobados, en comparación con aquellos del Mármol Blanco Perla.

## 8. Conclusión

La elección del empleo de mármoles nacionales para la ornamentación interior y exterior del Palacio Legislativo de Montevideo a comienzos del siglo XX (Bausero, 1968) trajo consigo no solo la apertura de un gran número de canteras, sino que además parece haber despertado un gran interés sobre estos materiales entre el público en general. Dado lo anterior, un sinnúmero de bienes culturales de la ciudad de Montevideo aparecen decorados con mármoles nacionales. La riqueza arquitectónica y el valor histórico de dichas construcciones capitalinas han ameritado que diversos entes gubernamentales destaquen su valor patrimonial (Comisión de Patrimonio Cultural de la Nación, sf).

Más allá del valor patrimonial de los bienes en donde los mármoles ornamentales nacionales han sido empleados, estos revisten un gran valor *per se* ya que constituyen un recurso natural nacional de considerable potencial.

El presente trabajo constituye la primera base de datos sobre los mármoles ornamentales nacionales que alberga conteniendo técnico, económico, comercial y patrimonial, así como un primer acercamiento hacia la evaluación *in situ* del deterioro de estos materiales pétreos.

Si tomamos en cuenta los decores de las variedades comerciales conocidas, las variaciones de estas, y los decores hasta ahora inéditos; habrían en el país un aproximado de 55 variedades comerciales de mármol. Si bien no fue posible determinar la localización de los depósitos asociados a todas y cada una de las variedades, se puede concluir que la gran mayoría de ellos provienen de 3 zonas, o distritos mineros:

- Nueva Carrara – Proximidades de la localidad de Nueva Carrara, Maldonado.
- Cuchilla Alvariza & Puntas del Matajojo – Zona comprendida entre las proximidades del empalme de las Rutas 60 y 81, y los alrededores de

Zanja del Tigre. Departamento de Maldonado, próximo al límite departamental con Lavalleja.

- Polanco – Proximidades de la localidad de Polanco, Lavalleja.

Pese a que no un hay acuerdo general sobre la estratigrafía de las rocas correspondientes a las zonas de Nueva Carrara y Cuchilla Alvariza & Puntas del Matajojo, sí existe coincidencia en que todos estos depósitos corresponden a secuencias de rocas supracorticales afectadas por metamorfismo regional (Oyhantçabal et al., 2001; Sánchez Bettucci, 1998; Bossi et al. 2008; Chigliano et al. 2010). Respecto al depósito de la zona de Polanco, hay consenso respecto a que corresponden a rocas carbonáticas de edad de deposición Paleoproterozoica (Bossi & Gaucher, 2014; Oyhantçabal et al., 2018) afectadas por metamorfismo regional de grado muy bajo a bajo, irrelevante para estos mármoles, y metamorfismo de contacto asociado a la intrusión del Granito de Polanco (Diaz et al. 1990; Bossi & Navarro, 1991; Cabrera et al., 2014).

Desde un punto de vista geoeconómico, la gran variedad de decores presentes en los mármoles nacionales es tanto una ventaja como una dificultad. Poder contar con una variedad tan inmensa de decores, y siendo estos en gran proporción únicos, constituiría sin duda una ventaja competitiva respecto de otros países productores. Sin embargo, es esta misma variabilidad del décor de un mismo depósito, a una escala métrica a decimétrica, la que ocasiona que sea especialmente difícil conseguir bloques de gran tamaño de décor homogéneo. Sin embargo, incluso los bloques de pequeño tamaño pueden ser atractivos en el mercado global para la elaboración de alfombras de piedra como las que se pueden encontrar en diversos edificios de Montevideo (Ver Fig. 64).



*Fig. 64. Ejemplos de utilización de pequeñas piezas de rocas ornamentales nacionales para la construcción de alfombras de piedra en edificios de Montevideo. A - Vestíbulo de Honor del Palacio Legislativo de Montevideo, Av. de las Leyes. B - Salón de los Pasos Perdidos del Palacio Legislativo de Montevideo. C - Foto de detalle de la construcción de una de las alfombras de piedra del Vestíbulo de Honor del Palacio Legislativo de Montevideo. D - Primer piso del Palacio Brasil, Av. 18 de Julio 990.*

Para la adecuada evaluación de este recurso debería realizarse un estudio pormenorizado de los depósitos de forma de poder determinar los controles del décor en cada uno de ellos, así como los controles estructurales de estos. Así, sería posible establecer los tamaños de bloques con décor homogéneo que se podrían obtener.

De acuerdo con las características generales de deterioro relevadas, los mármoles ornamentales uruguayos tienen su mejor desempeño cuando empleados en revestimientos de paredes interiores. En cuanto a las aplicaciones exteriores, el único mármol nacional que muestra tener una alta resistencia al intemperismo es el Mármol Gris N, lo que se debe a su muy bajo coeficiente de imbibición, y posiblemente a un cierto contenido de cuarzo. El Mármol Negro Tamara presenta igualmente un bajo coeficiente de imbibición, por lo que debería tener una buena respuesta al intemperismo, mas esto no se logró constatar en campo.

El Mármol Nueva Carrara destaca por ser el único mármol ornamental nacional de tipo estatuario, pudiéndose utilizar como materia prima para elaboración de finos tallados y esculpidos, siendo a su vez capaz de obtener un excelente pulido. El deterioro de este mármol en aplicaciones interiores donde no es objeto de roces, como en pisos o escalones, es mínimo. Sin embargo, su comportamiento cuando expuesto a la intemperie es muy deficiente, presentando decoloración, abrasión, erosión diferencial, fractura, y fisura como principales tipos de deterioro.

## 9. Bibliografía

Abbadie, L. (2013). La minería en Uruguay. Evolución, balance y perspectivas en el período 1880-2010. 5ta Jornadas de Investigación, Recursos Naturales en perspectiva histórica: ¿Maldición o Bendición?, Asociación Uruguaya de Historia Económica. Montevideo, Uruguay.

Almeida, F. (1971). Geochronological division of the Precambrian of the South America. *Rev Bras Geoc* 1(1):13-21.

Almeida, F. F. M.; Amaral, G., Cordani, U. G.; Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin, South of Amazona. Nairn, A.C. M.; Kanes, W.H. y Stehli, F.G. (Eds.). *The Ocean Basins and Margins*, Plenum: 411-446, New York.

Antonelli, F.; Lazzarini, L. (2015). An updated petrographic and isotopic reference database for white marbles used in antiquity. *Rend. Fis. Acc. Lincei* 26, 399–413. DOI 10.1007/s12210-015-0423-4.

Arrighetti, R.; Gianotti, V. (2012). Mapa de Recursos Minerales de Maldonado a escala 1:100.000. Memoria explicativa. MIEM-DINAMIGE, Montevideo, Uruguay.

Ashmole, I.; Motloun, M. (2008). Dimensional Stone: The latest trends in exploration and production technology. *The International Conference on Surface Mining 2008*, 35–70.

Basei, M.; Siga, O.; Masquelín, H.; Harara, O.; Reis Neto, J.; Preciozzi, F. (2000). The Dom Feliciano Belt of Brazil and Uruguay and its Foreland Domain the Rio de la Plata Craton: framework, tectonic evolution and correlation with similar provinces of Southwestern Africa. En: Cordani UG, Milani EJ, Thomaz Filho A, Campos DA (eds.) *Tectonic evolution of South America*, Rio de Janeiro, pp 311–334.

Basei, M.; Frimmel, H.; Nutman, A.; Preciozzi, F. (2008). West Gondwana amalgamation based on detrital zircon ages from Neoproterozoic Ribeira and Dom Feliciano belts of South America and comparison with coeval sequences from SW Africa. En: Pankhurst RJ, Trouw RAJ, Brito Neves BB, De Wit, MJ (eds.) West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. Geological Society, London, Special Publications, 294, 239–256. DOI: 10.1144/SP294.13 0305-8719/08/\$15.00.

Bausero, L. (1968). Historia del Palacio Legislativo de Montevideo. Montevideo, Uruguay.

Borca, A. (2009). Impacto Ambiental Resumen Mármol Onix. MVOTMA, Montevideo, Uruguay.

Bossi, J.; Fernández, A.; Elizalde, G. (1965). Predevoniano en el Uruguay.

Bossi, J. (1966). Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones Universidad de la República, Montevideo.

Bossi, J. (1969). Recursos Minerales del Uruguay. Nuestra Tierra, 10, Montevideo, Uruguay.

Bossi, J. (1978). Recursos Minerales del Uruguay. D. Aljanati, Montevideo, Uruguay.

Bossi, J. (1983). Breve reseña sobre el conocimiento geológico del Escudo Predevoniano en Uruguay, Sudamérica. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, 1: 417- 429.

Bossi, J. & Campal, N. (1992). Magmatismo y tectónica transcurrente durante el Paleozoico inferior del Uruguay. Gutiérrez, J; Saavedra, J. y Rábano, I. (Eds.) "Paleozoico Inferior de Ibero - América". Universidad de Extremadura, p. 343-356, España.

Bossi, J. & Cingolani, C. (2009). Extension and general evolution of the Río de la Plata Craton. *Developments in Precambrian Geology*, 16, 73-85.

Bossi, J. & Ferrando, L. (2001). Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500 000, v. 2.0, versión digital. Ed. Cátedra de Geología, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

Bossi, J.; Gaucher, C.; Chiglino, L.; Sial, AN.; Navarro, R.; Piñeyro, D. (2008). Parque UTE Group: Mesoproterozoic of the Río de la Plata Craton (Nico Pérez Terrane, Uruguay). En: 44 Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, Curitiba, p. 67. Brito Neves BB, Cordani U (1991) Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. *Precambrian Research*. 53: 23-40.

Bossi, J.; Gaucher, C.; Navarro, R.; Piñeyro, D.; Chiglino, L. (2007). Escama tectónica de Carapé: Litoestratigrafía de una pieza importante del rompecabezas Neoproterozoico – Cámbrico en el Uruguay. V Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo.

Bossi, J. & Gaucher, C. (2014). Geología del Uruguay. Tomo 1 predevónico. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Bossi, J. & Navarro, R. (1991): Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República, Montevideo, v. 1.

Bossi, J.; Navarro, R. (2000). Recursos Minerales del Uruguay Versión Año 2000. Ediciones Rojobona, Montevideo, Uruguay.

Bossi, J.; Preciozzi, F.; Campal, N. (1993). Predevoniano en el Uruguay, 1: Terreno Piedra Alta. Dirección Nacional de Minería y Geología, Montevideo. I: 1-50.

Cabrera, J.; Gaucher, C.; Frei, R.; Sial, A.; Ferreira, V. (2014). Formación Manguera Azul. En: Bossi & Gaucher (Ed.) (2014) Geología del Uruguay – Tomo 1: Predevónico - Polo S.A. Montevideo. Pp 1-450.

Carmignani, L.; Gattiglio, S.; Masquelin, H.; Gomez Rifas, C.; Medina, E.; Da Silva, J.; Pirelli, H. (1998). Prospección de Rocas Ornamentales en el Uruguay: Una Nueva Base de Datos para la Gestión Territorial. II Congreso Uruguayo de Geología, Uruguay.

Cervieri, M. (1967). Estudio Sobre Mármoles Nacionales. Facultad de Arquitectura, Montevideo, Uruguay.

Chiglino, L. (2008). Quimioestratigrafía de sequências meso e neoproterozóicas do Terreno Nico Pérez: idade, ambiente de sedimentação e correlações. [Tesis]. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 81 pp.

Chiglino, L.; Gaucher, C.; Gómez Peral, L.; Poiré, D. (2005). Integrated correlation of Neoproterozoic to Cambrian sedimentary successions from the Río de la Plata Craton (Argentina and Uruguay). Gondwana 12 Conference, Mendoza, Argentina.

Chiglino, L.; Gaucher, C.; Sial, AN.; Bossi, J; Ferreira, VP.; Pimentel, MM. (2010). Chemostratigraphy of Mesoproterozoic and Neoproterozoic carbonates of the Nico Pérez Terrane, Río de la Plata Craton, Uruguay. Precambrian Research 182 (2010) 313–336.

Comisión de Patrimonio Cultural de la Nación; Intendencia de Montevideo; Municipios. Listado Monumentos Históricos Nacionales y Bienes de Interés Departamental y Municipal. [En Línea]. Dirección: <https://montevideo.gub.uy/tramites-y-tributos/certificado/listado-monumentos-historicos-nacionales-y-bienes-de-interes-departamental-y-municipal>. [Consulta Enero 2019].

Comunità Economica Europea. (s.f.). Piedras Ornamentales del Uruguay. Uruguay.

Cosi, M. (2015). The dimension stone sector: new perspectives on the global market and on the reporting of international mining standards. *European Geologist*, 39, 24-30.

Daifuku, H. (1969). La importancia de los bienes culturales. En: la conservación de los bienes culturales. Museos y Monumentos. 11°. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Lausana, Suiza.

Díaz, J.; Albanell, A.; Bossi, J. (1990). Memoria explicativa del Fotoplano Cerro Partido. Fac. Agron., UdelaR.

DINAMIGE. (1987). Memoria de la Carta de Materias Primas Minerales No Metálicas – a Escala 1/1000.000. Montevideo, Uruguay.

DINAMIGE. (1989). El Sector Extractivo Antecedentes Presente y Perspectivas de Futuro a Mediano Plazo. Montevideo, Uruguay.

DINAMIGE. (1989). Nómina de productores de Mármoles y Granitos en exposición. Dirección de Relaciones Públicas, DINAMIGE, MIEM, Montevideo, Uruguay.

DIN 22024. (1989). Rohstoffuntersuchung im Steinkohlebergbau – Bestimmung der Spaltzugfestigkeit von Festgestein. Beuth Verlag, Berlín, Alemania.

DIN EN 12372. (1999). Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Biegefestigkeit unter Mittellinienlast. Beuth Verlag, Berlín, Alemania.

DIN 52008. (2006). Prüfverfahren für Naturstein - Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit. Beuth Verlag, Berlín, Alemania.

DIN 52108 (1988): Prüfung anorganischer nichtmetallischer Werkstoffe; Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme. Beuth Verlag, Berlín, Alemania.

DIN EN 13775. (2001). Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Wasseraufnahme bei atmosphärischem Druck. Beuth Verlag, Berlín, Alemania.

DIN EN 1926. (1999). Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Druckfestigkeit. Beuth Verlag, Berlín, Alemania.

Dolley, T. Dimension Stone Statistics and Information [en línea]. Servicio Geológico de los Estados Unidos. Dirección: <https://www.usgs.gov> [Consulta 13 de Junio 2019].

Dunford, J.; Fletcher, J.; French, C.(2007) *Egypt: Eyewitness Travel Guide*. Londres: Dorling Kindersley.

Duomo Di Siena La Cattedrale [en línea]. Siena Opera Della Metropolitana. Dirección: <https://operaduomo.siena.it/it/>. [Consulta 15 de Junio 2019].

Edificio 14 de Mayo [en línea]. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Obras Nacionales. Dirección: <http://www.fadu.edu.uy/obras-nacionales/obras/edificio-14-de-mayo/>. [Consulta Septiembre de 2019].

El lujo del mármol Blanco Macael [en línea]. Sociedad Española para la Recuperación y Conservación del Patrimonio. Dirección: <http://materialdederribo.info/html/revista/articulos/marmol.html>. [Consulta 15 de Junio de 2019].

Ferrando, L. & Fernández, A. (1971). Esquema tectónico-cronoestratigráfico del predevoniano en Uruguay. XXV Congreso Brasileiro de Geología, I:199- 210, São Paulo.

Fragoso, C. (1980). O cratón do Río de la Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. XXXI Congresso Brasileiro de Geología; Anais, 5: 1879-2892. Brasil.

Fragoso C.; Machado, R.; Gómez Rifas, C. (1987). Observações sobre o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio e correlações com o Escudo do Rio Grande do Sul. En: 3º Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Actas. Curitiba, Short Papers, 2: 791 809.

Fundación Centro Tecnológico do Granito de Galicia. (2013). Guía para el diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos interiores de piedra natural. Ideaspropieas Editorial, 1º, España.

Gaucher, C.; Frei, R.; Chemale, F.; Frei, D.; Bossi, J.; Martínez, G.; Chiglino, L.; Cernuschi, F. (2011). Mesoproterozoic evolution of the Río de la Plata Craton in Uruguay: at the heart of Rodinia?. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 100, 273–288.

Gaucher, C.; Martínez, G.; Cernuschi, F.; Chiglino, L.; Sial, A.N.; Poiré, D.G. (2007). Lito, bio y quimioestratigrafía del Grupo Mina Verdún: Terreno Nico Pérez, Uruguay. V Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo, Uruguay.

Galicia, M.; Velásquez, M. (2016). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . [Tesis]. Universidad Andina de Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Cusco, Perú.

Giménez, A. (2003). Breve Historia de Montevideo. Ediciones el Galeón, Montevideo.

Ginares, A.; Leite, L.; Morales Demarco, M. (2016). Mármoles uruguayos en el patrimonio arquitectónico de Montevideo: caracterización, conservación y uso óptimo. VIII Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo, Uruguay.

González, M.; Alegre, E.; Tusell, G.; Martínez, J. (2010). Historia del Arte de la Baja Edad Media. Madrid, España: Editorial Universitaria Ramón Areces.

Goñi, J. (1958). Consideraciones sobre la estratigrafía del Proterozoico y Eopaleozoico Uruguayos. Boletín de la Sociedad Brasileira de Geología, 7: 91-97.

Goñi, J.; Goso, H.; Issler, R. (1962). Estratigrafia e geología Econômica do Pre-Cambriano o EoPaleozoico Uruguai o Sul-Rio-Grandense. Avulso da escola de Geologia. Universidade do RGS, Porto Alegre, v. 3, p 1-105.

Gryffindor. (2008). Interior of Burj al Arab. [Fotografía]. Recuperado de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Burj\\_al\\_Arab\\_elevator\\_looby\\_March\\_2008panob.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Burj_al_Arab_elevator_looby_March_2008panob.jpg).

Harold, A. (1995). Dimension Stone.

Hoffmann, A. (2006). Naturwerksteine Thailands: Lagerstättenerkundung und Bewertung. Göttingen, Alemania.

Hughes, S. (2005). Archimedes revisited: a faster, better, cheaper method of accurately measuring the volumen of small objects. Physics Education, 40.

Imaginario, A. Venus de Milo. [Fotografía]. Recuperado de <https://www.culturagenial.com/es/escultura-venus-de-milo/>.

Instituto Nacional de Estadística. (2011). Anuario Estadístico 2011. Montevideo, Uruguay.

Instituto Nacional de Estadística. (2013). Anuario Estadístico 2013. Montevideo, Uruguay.

Instituto Nacional de Estadística. (2014). Anuario Estadístico 2014. Montevideo, Uruguay.

Instituto Nacional de Estadística. (2018). Anuario Estadístico 2018. Montevideo, Uruguay.

Kabel, M. (2007). Venus of Willendorf. [Fotografía]. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Venus\\_de\\_Willendorf#/media/Archivo:Venus\\_of\\_Willendorf\\_frontview\\_retouched\\_2.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Venus_de_Willendorf#/media/Archivo:Venus_of_Willendorf_frontview_retouched_2.jpg).

Lampérez y Romea, V. (1908). Historia de la arquitectura cristiana española en la Edad Media: según el estudio de los elementos y los monumentos. Madrid, España: J. Blass y cía.

Legge, J. (2012). Stonehenge: new study suggests landmark started life as a graveyard for the 'prehistoric elite'. Londres, Inglaterra: The Independent.

Liddiard, R. (2005). *Castles in Context: Power, Symbolism and Landscape*. Macclesfield, Inglaterra: Windgather Press Ltd. ISBN 0-9545575-2-2.

López Campaña, P. (1925). *El libro del centenario del Uruguay: 1825-1925*. Imprenta Latina Ucar Blanco Hnos, Montevideo, Uruguay.

Maheshwari, A.; Sial, A.N.; Gaucher, C.; Bossi, J.; Bekker, A.; Ferreira, V.P.; Romano, A.W. (2010). Global nature of the Paleoproterozoic Lomagundi carbon isotope excursion: A review of occurrences in Brazil, India, and Uruguay. *Precambrian Research*, v.: 182 p.:274 - 299, 2010.

Marmomacc Observatory & Confindustria Marmomacchine. (2016). *Italian Marble Sector: Exports still on the up coming to 3.2 billion Euros in 2015*. Marmomacc Stone + Design + Technology International Trade Fair, 2016, Verona, Italia.

Marstrander, R. (1914). *Los Mármoles de Carapé*. Ministerio de Industrias, Instituto de Geología y Perforaciones, Bol. 1, Montevideo, Uruguay.

Masquelin, H.; Silva Lara, H.; Sánchez Bettucci, L.; Núñez Demarco, P.; Pascual, S.; Muzio R.; Peel, E.; Scaglia, F. (2017). Lithologies, structure and basement-cover relationships in the schist belt of the Dom Feliciano Belt in Uruguay. *Brazilian Journal of Geology*, 47(1): 21-42.

Matias, J. (2002). The Influence of petrographic, architectural and environmental factors in decay patterns and durability of granite stones in Braga monuments (NW Portugal). En: Siegesmund, S; Weiss, T; Vollbrecht. *Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies*. The Geological Society, Londres, Inglaterra, 273-283.

Midot, D. (1984). Etude géologique et diagnostique métallogénique pour l'exploration du secteur Minas (Uruguay). [Tesis]. 3eme Cycle, Univ. P. et M. Curie. París. France. pp. 1-175.

Ministerio de Economía y Finanzas; Ministerio de Relaciones Exteriores. (1982). Estudio de mercado para mármoles y granitos en la R. F A., Bonn, Estudio No. 4.

Ministerio de Industria y Energía. (1978). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1977. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1979). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1978. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1980). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1979. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1981). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1980. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1982). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1981. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1987). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1986. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1988). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1987. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1990). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1988. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1990). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1989. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1991). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1990. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1995). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1991-1992. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (1995). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 1993. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (2002). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 2002. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (2003). Industria Extractiva de la República Oriental del Uruguay Estadísticas 2003. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (2007). Estadística Producción Minera 2007. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Industria y Energía. (2011). Estadística Producción Minera 2008-2011. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Relaciones Exteriores; Embajada del Uruguay. (1982). Nota elevando estudio de mercado sobre mármoles y granitos en R.F.A.

Montani, C. (2017). XXVIII World Marble and Stones Report 2017. Aldus Casa di Edizioni in Carrara, Italia.

Morales Demarco, M. (2012). Granitic dimensional stones in Uruguay: evaluation and assessment of potential resources. *Environ Earth Sci.* DOI 10.1007/s12665-012-2027-y

Morales Demarco, Manuela. (2012). Mineralogical, Petrophysical and Economical Characterization of the Dimensional Stones of Uruguay; Implications for Deposit Exploration. [Tesis]. University of Göttingen, Göttingen, Alemania.

Mosch, S. (2008). Optimierung der Exploration, Gewinnung und Materialcharakterisierung von Naturwerksteinen. [Tesis]. University of Göttingen, Göttingen, Alemania.

Mosch, S.; Siegesmund, S. (2007). Statistische Bewertung gesteintechnischer Kenndaten von Natursteinen. *Z dt Ges Geowiss* 158(4):821–868.

North American Geologic-Map Data Model Science Language Technical Team. Report on progress to develop a North American science-language standard for digital geologic-map databases; Appendix B – Classification of metamorphic and other composite genesis rocks, including hydrothermally altered, impact-metamorphic, mylonitic, and cataclastic rocks. [En línea]. (2004). Versión 1.0. En: Soller, D.R., ed., *Digital Mapping Techniques 04—Workshop Proceedings*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1451, 56 p. Appendix B. Dirección: <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1451/slft/appendixB/>. [Consulta Enero 2019].

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. *Managing Cultural World Heritage*. [En línea]. (2014). Dirección: <https://www.iccrom.org/publication/managing-cultural-world-heritage>. [Consulta Febrero 2019].

Oriolo, S.; Oyhantcabal, P.; Konopasek, J.; Basei, M.; Frei, R.; Sláma, J.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2019). Late Paleoproterozoic and Mesoproterozoic magmatism of the Nico Pérez Terrane (Uruguay): Tightening up correlations in southwestern Gondwana. *Precambrian Research*. 327.10.1016/j.precamres.2019.04.012.

Oriolo, S.; Oyhantçabal, P.; Wemmer, K.; Heidelbach, F.; Pfänder, J.; Basei, M.A.S.; Hueck, M.; Hannich, F.; Sperner, B.; Siegesmund, S. (2016). Shear zone evolution and timing of deformation in the Neoproterozoic transpressional Dom Feliciano Belt, Uruguay, *Journal of Structural Geology*.

Oyhantçabal, P.; Spoturno, J.; Goso, E.; Heimann, A.; Bergalli, L. (2001). Asociaciones litológicas en las supracrustales del grupo Lavallega y sus intrusiones asociadas en la hoja Fuente del Puma (Sur de Minas). III Cong. Uruguayo de Geología y XI Cong. Latinoam. Geol. Montevideo, Uruguay. CD Abstract, 246.

Oyhantçabal, P.; Oriolo, S.; Philipp, R.; Wemmer, K.; Siegesmund, S. (2018). The Nico Pérez Terrane of Uruguay and Southeastern Brazil. En *Geology of Southwest Gondwana*, S. Siegesmund, M.A.S.Basei, P. Oyhantçabal, S. Oriolo (Eds.) (2018), (688 pp.).

Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K. (2011). The Río de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. *International Journal of Earth Science*, Volume 100, Numbers 2-3, 201-220 DOI: 10.1007/s00531-010-0580-8.

Pasquier, A. (1985). *La Vénus de Milo et les Aphrodites du Louvre*, edición de la reunión de los museos nacional. Paris, Francia. ISBN 2-7118-0256-6.

Poiré, D.; Canalicchio, J.; Garcia Repetto, F. (2003). Precambrian columnar stromatolites in the sedimentary succession of the Verdún Hill, Minas Lavalleja Department, Uruguay. En: 3° Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Belem, Resúmenes, 193 – 195.

Poiré, D.; González, P.; Canalicchio, J.; Repetto, F.; Canessa, N. (2005). Estratigrafía del Grupo Mina Verdún, Proterozoico de Minas, Uruguay. *Latin American journal of sedimentology and basin analysis*, 12(2), 125-143.

Porada, H. (1989). Pan-African rifting and orogenesis in Southern to Equatorial Africa and Eastern Brazil. *Precambrian Res.* 44, 103-136.

Power, D. (1997). *Archaeological inventory of County Cork*, Volumen 3: Mid Cork, 9467. ColorBooks. ISBN 0-7076-4933-1.

Preciozzi, F.; Masquelin, H.; Basei, M. (1999). The Namaqua/Grenville Terrane of Eastern Uruguay. II South American Symposium on Isotope Geology, Carlos Paz.

Ramsay, J.; Huber, M. (1987). The techniques of modern structural geology. En: *Folds and fractures*, 2, Academic Press, Londres, Inglaterra.

Robertson, S. (1999). British Geological Survey, Mineralogy and Petrology Research Group. BGS rock classification scheme. Volume 2, classification of metamorphic rocks. [En línea]. En: *Research Reports*, RR/99/002. Dirección: <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=8>. [Consulta Enero 2019].

Ruedrich, J. (2002). Thermal behaviour of weathered and consolidated marbles. Geological Society, *Special Publications*, Londres, Inglaterra, 205, 255-271.

Sánchez Bettucci, L. (1998). Evolución tectónica del Cinturón Dom Feliciano en la región Minas-Piriápolis, Uruguay. [Tesis]. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, pp. 1-344.

Sánchez Bettucci, L.; Oyhantçabal, P.; Page, S.; Ramos, V. (2003). Petrography and Geochemistry of the Carapé Complex, Southeastern Uruguay. *Gondwana Research* 6 (1), 89–105.

Sánchez Bettucci, L.; Peel, E.; Masquelin, H. (2010). The Neoproterozoic tectonic synthesis of Uruguay. *International Geology Review*, 52(1): 51-78.

Sánchez Bettucci L.; Ramos, V. (1999). Aspectos geológicos de las rocas metavolcánicas y metasedimentarias del Grupo Lavallega, sudeste de Uruguay. *Revista Brasileira de Geociências*, 29, 557-570.

Seel, G. (1966). Estudio sobre mármol, granito, dolomita y talco: situación en Uruguay. CIDE, Montevideo, Uruguay.

Scheer, K. (1963). Estudio sobre la Industria del Granito y del Mármol en Uruguay. Essen, Montevideo, Uruguay.

Siegesmund, S.; Snethlage, R. (2011). *Stone in Architecture*. Springer, 4th, Göttingen, Alemania.

Silva, H. (2018). Análisis estructural y petrografía de los mármoles de Polanco, Uruguay. [Tesis]. Universidad de la República, Uruguay.

Spekking, Raimond. (2013). Duomo di Siena. [Fotografía]. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Duomo\\_di\\_Siena-9635.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Duomo_di_Siena-9635.jpg).

Spoturno, J.; Oyhantçabal, P.; Loureiro, J. (2012). Mapa Geológico del Departamento de Maldonado Escala 1/100.000. Primera Edición, DINAMIGE, Montevideo, Uruguay.

Strohmeier, D. (2003). Gefügeabhängigkeit technischer Gesteinseigenschaften. [Tesis]. University of Göttingen, Göttingen, Alemania.

Tiab, D.; Donaldson, E. (2004). Petrophysics. Gulf Professional Publishing, Elsevier, 2ª edición, Oxford, Inglaterra.

UNESCO. UNESCO Culture for Development Indicators: Methodology Manual/UNESCO. [En línea]. (2014). Dirección: <https://en.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/CDIS%20Methodology%20Manual%20-%20Draft%20ENG.PDF>. [Consulta Marzo 2019].

Walther, K. (1912). Sobre yacimientos geológicos de valor técnico en el República O. del Uruguay. Revista del Instituto Nacional de Agronomía, 10, Montevideo, Uruguay.

Walther, K. (1925). El material de revestimiento del Palacio Legislativo de Montevideo. Castro y Pizarro, Montevideo, Uruguay.

Walther, K. (1928). Notas sobre algunos resultados de la investigación geológica en el país obtenidos en los años 1918-1928, en parte no publicados aún. Revista de la Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

Wang, L.; D'Alpino, P.; Lopes, L.; Pereira, J. (2003). Mechanical properties of dental restorative materials: Relative contribution of laboratory tests. Journal of applied oral science, 11.

Witcombe, C. Venus of Willendorf [en línea]. (2013). Ensayo primero. (Art History & Image Studies). Dirección: <http://arthistoryresources.net/willendorf/> [consulta 13 de Junio 2019].

Yardley, B. (1989). An introduction to metamorphic petrology. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical.

## Anexo I

<b>Planilla de relevo de aplicaciones y estado de deterioro</b>			
<b>Bien cultural relevado</b>		<b>Registro fotográfico</b>	
Nombre del edificio/bien cultural		Código foto vista general	
Dirección		Código foto placa/pieza	
Año de construcción		Código foto detalle	
Fue remodelado/reciclado			
Año de remodelación/reciclado			
<b>RROO en el exterior</b>		<b>RROO en el interior</b>	
Nombre/s comercial/es		Nombre/s comercial/es	
Décor		Décor	
Dimensiones de la placa/pieza		Dimensiones de la placa/pieza	
Placas faltantes		Placas faltantes	
Perdida del color		Perdida del color	
Fracturas		Fracturas	
Perdida de pulido		Perdida de pulido	
Perdida de material		Perdida de material	
Observaciones		Observaciones	

## Anexo II

<p><b>CRACK &amp; DEFORMATION</b> GRIETA Y DEFORMACIÓN</p> <p><b>CRACK . GRIETA</b> Fracture . Fractura Star crack . Fisuración radial Hair crack . Fisura Craquele . Craquelado Splitting . Disyunción en lajas <b>DEFORMATION . DEFORMACIÓN</b></p>	<p><b>DETACHMENT</b> DESPRENDIMIENTO</p> <p><b>BUSTERING . AMPOLLAS</b> <b>BURSTING . ESTALLIDO</b> <b>DELAMINATION . DESLAMINACIÓN</b> Exfoliation . Exfoliación</p> <p><b>DISINTEGRATION . DISGREGACIÓN</b> Crumbling . Desmenuzamiento Granular disintegration . Disgregación granular Powdering, Chalking . Pulverización, Pulverización cretosa Sanding . Arenización Sugaring . Disgregación sacaroides</p> <p><b>FRAGMENTATION . FRAGMENTACIÓN</b> Splintering . Fragmentación en esquirlas Chipping . Descondamamiento</p> <p><b>PEELING . DISYUNCIÓN DE PELICULAS</b> <b>SCALING . DESCAMACIÓN</b> Flaking . Microdescamación Contour scaling . Descamación perimetral</p>	<p><b>FEATURES INDUCED BY MATERIAL LOSS</b> RASGOS INDUCIDOS POR PÉRDIDA DE MATERIAL</p> <p><b>ALVEOLIZATION . ALVEOLIZACIÓN</b> Coving . Craterización</p> <p><b>EROSION . EROSIÓN</b> Differential erosion . Erosión diferencial Loss . Pérdida: ■ of components . Pérdida de componentes ■ of matrix . Pérdida de matriz Rounding . Redondeamiento Roughening . Incremento de rugosidad</p> <p><b>MECHANICAL DAMAGE . DAÑOS DE ORIGEN MECÁNICO</b> Impact damage . Daños por impacto Cut . Incisión Scratch . Excoriación Abrasion . Abrasión Keying . Repicado</p> <p><b>MICROKARST . MICROKARSTIFICACIÓN</b> <b>MISSING PART . FALTANTE</b> Gap . Hueco</p> <p><b>PERFORATION . PERFORACIÓN</b> <b>PITTING . PITTING</b></p>	<p><b>DISCOLORATION &amp; DEPOSIT</b> ALTERACIÓN CROMÁTICA Y DEPÓSITO</p> <p><b>CRUST . COSTRAS</b> Black crust . Costra negra Salt crust . Costra salina</p> <p><b>DEPOSIT . DEPÓSITO</b> <b>DISCOLORATION . ALTERACIÓN CROMÁTICA</b> Colouration . Coloración Bleaching . Decoloración Moist area . Mancha de humedad Staining . Tinción</p> <p><b>EFFLORESCENCE . EFFLORESCENCIA</b> <b>ENCRUSTATION . INCRUSTACIÓN</b> Concretion . Concreción</p> <p><b>FILM . PELÍCULA</b> <b>GLOSSY ASPECT . BRILLO SUPERFICIAL</b> <b>GRAFFITI . GRAFFITI</b> <b>PATINA . PÁTINA</b> Iron rich patina . Pátina ferruginosa Oxalate patina . Pátina de oxalato</p> <p><b>SOILING . ENMUGRECIMIENTO</b> <b>SUBFLORESCENCE . SUBFLORESCENCIA</b></p>	<p><b>BIOLOGICAL COLONIZATION</b> COLONIZACIÓN BIOLÓGICA</p> <p><b>BIOLOGICAL COLONIZATION . COLONIZACIÓN BIOLÓGICA</b> ALGA . ALGAS LICHEN . LIQUEN MOSS . MUSGO MOULD . HONGOS PLANT . PLANTAS</p>
---	---	---	---	--

Modificado de ICOMOS (2011).

## Anexo III

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M01	Artigas	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme Rutas 81 y 60	663554	6177422	Mármol rojo profundo a rosado con bandas verde oscuras casi negras, de tamaño de grano medio, foliado y plegado.	Sí	1; 7; 6; 15
M02	Bolivar	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	ND	ND	ND	Fondo blanco, algo acuoso con tiras verde oscuras	No	1; 4; 15
M03	Maciel; Rivera	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme rutas 81 y 60	663554	6177422	Mármol de color amarillo arenoso rosado con rayas grises rojizas, tamaño de grano medio, foliado.	Sí	1; 7
M04	Sirius	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme rutas 81 y 60	663554	6177422	Mármol de fondo rosado claro casi blanco con rayas marrones y verdes claras y oscuras	Sí	1; 7
M05	San Martín	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	ND	ND	ND	Mármol de aspecto brechoso blanco con rayas verde oscuras casi negras.	Sí	1; 6

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M06	Abayubá	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Puntas del Arroyo Pan de Azúcar	Margen Oeste del Arroyo Pan de Azúcar	665339	6174624	Mármol de fondo beige claro y marfil con tiras marrones y grisáceas, foliado y plegado.	Sí	1; 7
M07	Grisol	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme rutas 81 y 59	665268	6177753	Fondo gris claro con rayas gris oscuro	Sí	1; 7
M08	Rojo Marroquí	González Alvarez S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme Rutas 81 y 60	663577	6177316	Fondo ocre rojizo con delgadas rayas oscuras con calcita recristalizada	Sí	1; 7
M09	Amarillo Marroquí	González Alvarez S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme Rutas 81 y 60	663551	6177179	Mármol con fondo ocre amarillento con delgadas rayas oscuras y blancas con calcita recristalizada.	Sí	1; 7
M10	Carapé	González Alvarez S.A.	No	Maldonado	Sierras de Carapé	ND	ND	ND	Fondo rosado o más oscuro con rayas marrón oscuro	Sí	1; 15
M11	Verde Rosa	González Alvarez S.A.	No	Maldonado	ND	ND	ND	ND	Fondo verde claro con rayas verdes más oscuras y matices rosados	No	1; 4; 15

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M12	Mármol "N"; Gris "N"; Gris Narancio; Venice Grey	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Zanja del Tigre	Camino vecinal al E de Ruta 12	674897	6176437	Mármol de color gris perla uniforme con rayas blancas que definen 2 foliaciones oblicuas	Sí	1; 2; 7; 8
M13	Mármol "E"	Manuel Narancio S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	Azul, fondo uniforme, algunas rayas blancas	No	1; 4
M14	Serrano	González Alvarez S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	Fondo marrón con delgadas rayas marrones más oscuras	No	1; 4
M15	Negro Oriental	González Alvarez S.A.; Nafir S.A.	No	Maldonado	Pan de Azúcar	Sur de Ruta 81, a 20 km empalme con Ruta 60	659532	6174628	Fondo negro con delgadas rayas blancas	No	7; 14
M16	Mármol "Z"	Zaffaroni y Sánchez S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	Fondo marrón oscuro, rayado. Hay colores más claros.	No	1; 15

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M17	Blanco Onix; Lauronix white	Onix Polanco S. A.; S.A. Marmolerías Unidas; Lauronix S.A.	Sí	Lavalleja	Polanco	Noroeste de la localidad de Polanco	672983	6251005	Mármol blanco cristalino, translúcido con algunas manchas verdes	Sí	1; 2; 4
M18	San Agustín Uruguay	Juan Bove; Nafir S.A.; Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Zanja del Tigre	Camino vecinal al E de Ruta 12	677133	6176491	Mármol de fondo rosado pálido a beige con estilolitos azules, ocre y rojizos.	Sí	1; 4; 6
M19	Rosado	Juan Bove	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cerca del yacimiento N°5 de ANCAP	666602	6178997	Mármol de color rosado uniforme con estilolitos rosa intenso y marrón rojizo.	Sí	1; 4; 15
M20	Negro Imperio	Rafael Carlomagno	No	Maldonado	Pan de Azúcar	ND	660105	6175776	Mármol laminado de fondo negro y delgadas bandas blancas.	Sí	1; 4; 15
M21	Blanco Perla	Loyner S.A.; Piedrahita Hnos.	Sí	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Márgen Oeste del Arroyo Pan de Azucar	666314	6174204	Color blanco uniforme, a veces con manchas de color verde oscuro	Sí	2

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M22	ónix Fantasía	ND	No	ND	ND	ND	ND	ND	Mármol de color beige claro con bandas de color marrón, foliado y plegado	Sí	6
M23	Charrúa	ND	No	ND	ND	ND	ND	ND	Mármol de color crudo y beige claro.	Sí	6
M24	Negro Tamara	Sarandí Marmoles S.A.	No	Maldonado	Pan de Azúcar	Al sur de Ruta 81, a 20 km del empalme con Ruta 60	658483	6174471	Mármol foliado de color de fondo negro a gris oscuro con bandas gris, a veces blancas.	Sí	4; 6
M25	Nueva Carrara; Rojo Oriental	COMACO	No	Maldonado	Nueva Carrara	7 Km al NW de Pan de Azúcar, al W de Ruta 60	659555	6158025	Aspecto brechoso con tonalidades rosas, ocre, amarillas, grises y blancas	Sí	5; 13
M26	Verde Salus	ND	No	ND	ND	ND	ND	ND	Mármol de fondo verde oscuro casi negro con tiras blancas, foliado y plegado.	Sí	6; 15
M27	Verde	ND	No	Maldonado	Nueva Carrara	14 Km al NW Pan de Azúcar, W Ruta 60	659555	6158025	Fondo verde oscuro con manchas verde pistacho y a veces negras y/o blancas	Sí	3

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M28	Negro Ansina; Negro Charrúa; Portoro	Manuel Narancio S.A.	No	Maldonado	Pan de Azúcar	Al sur de Ruta 81, a 20 km empalme Ruta 60	659532	6174628	Mármol con fondo negro con gran cantidad de venas blancas y aveces marrones.	Sí	4; 7; 13; 14
M29	Blanco Uruguay; Blanco Sol	Sarandí Marmoles S.A.	No	Maldonado	Cuchilla Alvariza	Cercanías empalme Rutas 81 y 60	664667	6176816	Color blanco uniforme	No	4
M30	Verde Nube	Sarandí Marmoles S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	ND	No	4
M31	Sarandí	Sarandí Marmoles S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	ND	No	4
M32	Travertino; Travertino Claro	Zaffaroni y Sánchez S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	Travertino color beige claro	Sí	4

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M33	Travertino oscuro; Travertino marrón	Zaffaroni y Sánchez S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	Mármol de color marrón con bandas que se alternan beige, gris, marrón oscuro y blanco.	Sí	4; 6
M34	Gris	Mauro Cal	No	Lavalleja	Marco de los Reyes	Cercanías Arroyo Molles	688174	6191264	Gris bandeado	No	4; 16
M35	Rosa Loy	Loyner S.A.	No	ND	ND	ND	ND	ND	ND	No	4
M36	Amarillo de Minas	ND	No	Lavalleja	Minas	ND	ND	ND	Amarillo rosado con tonalidades verdes	Sí	12;14
M37	Arabescato Oriental	COMACO	No	ND	ND	ND	ND	ND	Fondo rosado, amarillo y blanco, con finas rayas marrones rojizas y negras	Sí	13
M38	Cipollino Oriental	COMACO	No	ND	ND	ND	ND	ND	Verde y blanco, de aspecto brechoso	Sí	13

## Datos económicos y comerciales

Cod.	Nombre/s	Compañía productora	Activa	Departamento	Localidad	Referencia de localización	X (UTM 21)	Y (UTM 21)	Décor	Foto	Referencias bibliográficas
M39	Snow	ND	No	Maldonado	ND	Fuentes del Mataojo y Zanja del Tigre	ND	ND	Blanco liso	No	1

---

# Aplicaciones y deterioro

Cod.	Nombre/s	Aplicaciones (nombre y dirección)	Tipo de pieza	Observaciones de deterioro	Referencias
M01	Artigas	Escaleras Palacio Salvo* segundo piso. Plaza independencia 848.	Placas de revestimiento de escalones; Columnas	Pérdida de color en aplicaciones exteriores. Bandas oscuras notablemente más alteradas	14
M03	Maciel; Rivera	Paredes interiores Palacio Salvo* primer y segundo piso. Plaza Independencia 848; Catedral metropolitana de Montevideo*, Ituzaingó 1373, Plaza Matriz.	Placas de revestimiento de paredes interiores.	Excelente estado	14
M05	San Martín	Escaleras Palacio Salvo* planta baja y primer piso. Plaza Independencia 848; Revestimiento de piso Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de escalones y columnas interiores.	Abrasión y pérdida de pulido en revestimientos de pisos y escaleras	14
M06	Abayubá	Pared Edificio Danubio** hall de acceso. Paraguay 1547.	Placas de revestimiento de paredes interiores.	Excelente estado	14
M08	Rojo Marroquí	Paredes interiores Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800	Placas de revestimiento de paredes	Pérdida de color y pulido, fracturas y abrasión en aplicaciones exteriores.	14

# Aplicaciones y deterioro

Cod.	Nombre/s	Aplicaciones (nombre y dirección)	Tipo de pieza	Observaciones de deterioro	Referencias
M09	Amarillo Marroquí	Paredes interiores. Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800	Placas de revestimiento de paredes	Pérdida de color y pulido, fracturas y abrasión en aplicaciones exteriores.	14
M12	Mármol "N"; Gris "N"; Gris Narancio; Venice Grey	Fuste de la estatua de la libertad*. Plaza Cagancha. Piso tunel subterráneo, Palacio Legislativo*. Paredes y pisos externos e internos. Edificio 14 de Mayo**. Av del Libertador Brig. Gral Juan Antonio Lavalleja 1470.	Bloque; placas de revestimiento de piso	Abrasión en niveles blancos y pérdida de color en aplicaciones exteriores.	8; 14
M17	Blanco Ónix; Lauronix White	Piso. Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de pisos.	Pérdida de pulido.	14
M18	San Agustín Uruguay	Piso. Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de pisos.	Pérdida de pulido.	14
M19	Rosado	Piso. Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de pisos.	Pérdida de pulido.	14

# Aplicaciones y deterioro

Cod.	Nombre/s	Aplicaciones (nombre y dirección)	Tipo de pieza	Observaciones de deterioro	Referencias
M20	Negro Imperio	Pared interior del Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800.	Botones en la base de las columnas.	Excelente estado en aplicaciones interiores	14
M21	Blanco Perla	Piso. Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de pisos.	Pérdida del pulido.	14
M22	Ónix Fantasía	Piso. Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de pisos.	Pérdida de pulido	14
M24	Negro Tamara	Piso y paredes. Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800. Pisos de Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de piso	Pérdida de pulido y abrasión en aplicaciones en pisos.	14
M25	Nueva Carrara; Rojo Oriental	Fachada e interior del Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800. Fachada de la Sede del Jockey Club*. Av. 18 de Julio 857.	Placas de revestimiento de paredes y pisos; Columnas, Bloques	Pérdida de color, gran cantidad de fracturas, perdida de material y abrasión en aplicaciones exteriores.	5; 14

# Aplicaciones y deterioro

Cod.	Nombre/s	Aplicaciones (nombre y dirección)	Tipo de pieza	Observaciones de deterioro	Referencias
M26	Verde Salus	Paredes interiores del Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800.	Placas de revestimiento de paredes interiores.	Pérdida de pulido.	14
M27	Verde	Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800.	Placas de revestimiento de paredes	Excelente estado en aplicaciones interiores. Fracturas en aplicaciones exteriores.	3;14
M28	Negro Ansina; Negro Charrúa; Portoro	Palacio Legislativo*. Av. de las Leyes 11800.	Placas de revestimiento de paredes; Columnas	Pérdida de color en aplicaciones exteriores. Perdida de material. Gran cantidad de fracturas. Excelente estado en aplicaciones interiores.	14
M32	Travertino; Travertino Claro	Piso. Palacio Brasil**. Av. 18 de Julio 994.	Placas de revestimiento de pisos interiores.	Manchas, abrasión, y fracturas.	14
M33	Travertino Oscuro; Travertino Marrón	Fachada. Calle San José esq. Wilson Ferreira Aldunate.	Placas de revestimiento de paredes exteriores.	Abrasión y pérdida de pulido.	14

## Aplicaciones y deterioro

Cod.	Nombre/s	Aplicaciones (nombre y dirección)	Tipo de pieza	Observaciones de deterioro	Referencias
M36	Amarillo de Minas	Faultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo*. Bulevar General Artigas 1031	Placas de revestimiento de paredes; escalones	Pérdida de pulido, pérdida del color, craquelado, gran cantidad de fracturas.	12; 14

\* Monumento Histórico nacional.

\*\* Bien de interes Departamental

# Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M01	Artigas	Sí	Sí	Sí	Sí	Opacos, cuarzo, talco, muscovita, anfíbol, y clorita	<p>Dos dominios composicionales: carbonático y silicático. Bandeado y plegado. El dominio carbonático es granoblastico con bordes de granos interlobados a poligonales, compuesto en más de un 95% de carbonatos, y cantidades menores de cuarzo, talco y muscovita, tamaño entre 200 y 700 micras. Filosilicatos orientados.</p> <p>Este dominio está compuesto por un 70% calcita y un 30% dolomita. El dominio silicático está compuesto en un 50% por minerales opacos, 15 % de cuarzo, 10% de carbonatos, y el resto corresponde a anfíbol, talco, muscovita y clorita. Presenta textura granolepidoblástica con sub-dominios, unos más ricos en cuarzo y carbonatos (granoblasticos) y otros más ricos en talco, muscovita y clorita (lepidoblasticos), estos se distribuyen de forma anastomosada.</p>	1; 9; 14
M02	Bolivar	Sí	No	ND	ND	ND	ND	1
M03	Maciel; Rivera	Sí	No	Sí	Sí	Microclina, Opacos, clorita	ND	1; 9

## Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M04	Sirius	Sí	No	ND	ND	ND	ND	1
M05	San Martín	Sí	No	ND	ND	ND	ND	1
M06	Abayubá	Sí	No	No	Sí	Tremolita, Pirita, clorita	Caliza marmórea no dolomítica. La mineralogía es a carbonato-opacos-sericita-clorita-tremolita y pirita.	1; 7
M07	Grisol	Sí	No	ND	ND	ND	Mármol de grano medio, sacaroide, color blanco, con venas rosadas	1; 7
M08	Rojo Marroquí	Sí	Sí	Sí	Sí	Clorita, Illita, cuarzo	Tamaño de grano fino y con cierta esquistosidad. La mineralogía es a carbonatos como principales, secundarios: clorita e illita, cuarzo	1; 7
M09	Amarillo Marroquí	Sí	Sí	Sí	Sí	Clorita, Illita, cuarzo	Tamaño de grano fino y con cierta esquistosidad. La mineralogía es a carbonatos como principales, secundarios: clorita e illita, cuarzo	1; 7

## Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M10	Carapé	Sí	ND	ND	ND	ND	ND	1
M11	Verde Rosa	Sí	ND	ND	ND	ND	ND	1
M12	Mármol "N"; Gris "N"; Gris Narancio; Venice Grey	ND	Sí	Sí	ND	ND	ND	1
M13	Mármol "E"	ND	Sí	ND	ND	ND	ND	1
M14	Serrano	ND	Sí	ND	ND	ND	ND	1
M15	Negro Oriental	ND	Sí	Sí	No	Sulfuros	caliza de grano fino con venillas de cuarzo centimétricas a decimétricas, con presencia de sulfuros.	1; 7

## Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M16	Mármol "Z"	ND	Sí	ND	ND	ND	ND	1
M17	Blanco Onix; Lauronix white	Sí	Sí	No	No	Enstatita y apatito	Mármol principalmente dolomítico, con calcita dispersa, con textura granoblástica con bordes de grano planos a levemente interlobados. Tamaño de cristales de carbonato entre 550 y 1500 micras. Accesoriamente cristales de enstatita y apatito de alrededor de 100 y 50 micras respectivamente.	1; 10; 14
M18	San Agustín Uruguay	No	Sí	No	Sí	Hematita	Mármol dolomítico criptocristalino, de grano medio a grueso. La mineralogía es a dolomita, óxidos de hierro y hematita.	1; 7
M19	Rosado	Sí	No	Sí	Sí	Cuarzo, flogopita, muscovita, clorita y talco.	Mármol calcítico con cantidades menores de cuarzo, flogopita, muscovita, clorita, y talco. Textura inequigranular seriada con borde de grano fuertemente interlobados, con cristales de 40 micras a 1 milímetro, orientados. El cuarzo aparece como cristales aislados y en agregados de cristales, siendo estos de alrededor de 50 y 300 micras respectivamente.	1; 14

# Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M20	Negro Imperio	No	Sí	Sí	Sí	Clorita, muscovita, biotita, talco, y pirita	Roca finamente bandeada con bandas claras y oscuras. Fuerte orientación preferencial de forma de los granos. Cristales de pirita de alrededor de 250 micras. Las bandas blancas tienen un tamaño de grano de 50 a 20 micras y son 80% dolomita, con cantidades menores de cuarzo, muscovita, y clorita. Las bandas negras tienen un tamaño de grano de aproximadamente 20 micras, son 60% filosilicatos, donde predomina la clorita, y secundariamente muscovita, biotita, y talco, estos se disponen en jirones que acompañan la foliación de la roca.	1; 14
M21	Blanco Perla	No	Sí	No	No	Olivino y clorita	Mármol de textura granoblástica con bordes de granos poligonales, los carbonatos varían de tamaño entre los 2200 micras y 540 micras. La clorita aparece más comúnmente rodeando los cristales de olivino más pequeños. Los cristales de olivino tienen entre 650 micras y 3000 micras de dimensión mayor	9:14
M24	Negro Tamara	ND	Sí	ND	ND	ND	filita calcárea masiva	7

## Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M25	Nueva Carrara; Rojo Oriental	Sí	Sí	No	Sí	Hematita	Mármol de textura inequigranular seriada con bordes de grano planos, 2 dominios de colores blancos y ocres rojizos. Los dominios son diferenciables por el contenido de hematita, que se encuentra dispersa en los dominios ocres rojizos, representando aproximadamente entre un 10% y un 15% de la mineralogía de los mismos. El tamaño de grano varía entre las 5 y 20 micras para los carbonatos, aunque en algunos sectores se localizan agregados de cristales de carbonato de mayor tamaño (150 micras). Por su parte los cristales de hematita son de de aproximadamente 5 micras.	7; 14

## Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M28	Negro Ansina; Negro Charrúa; Portoro	Si	Sí	Sí	Sí	Opacos, cuarzo, y talco	<p>Matriz carbonática fina (150 a 20 micras) recortada por venas de grano más grueso (150 a 600 micras). La matriz presenta textura inequigranular seriada con bordes de grano interlobados a poligonales, accesoriamente aparecen opacos (menos de 1%). La matriz alterna entre dominios con predominio de calcita, y otros con predominio de dolomia. Las venas son de composición carbonatica, cuarzosa, y carbonática-cuarzosa. Estas se recortan entre sí y algunas evidencian desplazamiento. Varían entre las 200 micras y las 600 micras de ancho. Accesoriamente aparecen en la roca cristales de talco, preferencialmente hacia los bordes de las venas.</p>	7; 14
M29	Blanco Uruguay; Blanco Sol	Sí	Sí	Si	No	Cuarzo y opacos	<p>Mármol con dominios carbonáticos y carbonático-cuarzosos. Los dominios carbonáticos desarrollan una textura inequigranular con orientación preferencial de forma definiendo una foliación, con tamaño de grano de 900 a 50 micras y bordes de granos fuertemente interlobados. Los dominios carbonático-cuarzosos desarrollan una textura granoblástica, con tamaño de grano de alrededor de 80 micras donde las proporciones de cuarzo y carbonato son similares.</p>	14

## Petrografía

Cod.	Nombre/s	Cal.	Dol.	Qz.	Micas	Minerales Accesorios	Descripción	Referencias
M36	Amarillo de Minas	Sí	No	Sí	Sí	Cuarzo y muscovita	Mármol compuesto en más de un 95% por calcita, presentando accesoriamente cuarzo y muy finos cristales de muscovita (entre 20 y 40 micras). Compuesto por una matriz calcítica fina, con cristales de bordes interlobados, de tamaños alrededor de 100 micras, con orientación preferencial de forma. Se presentan finos cristales de cuarzo y muscovita, y agregados de cristales de carbonato de mayor tamaño (200 a 500 micras), subautomorfos, con bordes de grano rectos a levemente interlobados, la forma de estos agregados es alargada en la dirección de la foliación de la roca.	14
M39	Snow	ND	Sí	ND	ND	ND	Mármol dolomítico.	1

## Propiedades físicas

Cod.	Nombre/s	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Coefficiente de imbibición (‰)	Referencias
M01	Artigas	2,760	0,18	0,62	2; 9
M04	Sirius	2,759	ND	0,73	2
M08	Rojo Marroquí	2,832	ND	1,98	2
M12	Mármol "N"; Gris "N"; Gris Narancio; Venice Grey	2,929	ND	0,39	2
M17	Blanco Onix; Lauronix white	2,915	ND	0,75	2
M21	Blanco Perla	2,880	0,18	0,83	2; 9

## Propiedades físicas

Cod.	Nombre/s	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Coefficiente de imbibición (‰)	Referencias
M24	Negro Tamara	2,840	ND	0,50	2

---

## Propiedades mecánicas

Cod.	Nombre/s	R. a la compresión uniaxial (x, y, z) (MPa)	R. a la tensión indirecta (x; y; z) (MPa)	R. a la flexión (x; y; z) (MPa)	R. a la abrasión (x; y; z) (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	Referencias
M01	Artigas	140,5; 123,2; 119,3	9,1; 8,8; 7,6	13,6; 21,0; 11,0	11,1; 8,5	9
M04	Sirius	88,9	ND	ND	38,1	2
M08	Rojo Marroquí	120	ND	ND	26,4	2
M12	Mármol "N"; Gris "N"; Gris Narancio; Venice Grey	89,3	ND	ND	28,85	2
M17	Blanco Onix; Lauronix white	122,6	ND	ND	31,5	2
M21	Blanco Perla	145,6; 137,7; 151,2	7,5; 7,7; 7,4	17,0	16,7; 16,7	9

## Propiedades mecánicas

Cod.	Nombre/s	R. a la compresión uniaxial (x, y, z) (MPa)	R. a la tensión indirecta (x; y; z) (MPa)	R. a la flexión (x; y; z) (MPa)	R. a la abrasión (x; y; z) (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	Referencias
M24	Negro Tamara	132,4	ND	ND	28,15	2
M25	Nueva Carrara	149	ND	ND	ND	11

# Referencias

1	Seel, G. (1966). Estudio sobre mármol, granito, dolomita y talco: situación en Uruguay. CIDE, Montevideo, Uruguay.
2	Comunità Economica Europea. (s.f.). Piedras Ornamentales del Uruguay. Uruguay.
3	Auanati, D.; Benedetto, M.; Perdomo, W. (1970). Maldonado, Los Departamentos. Nuestra Tierra, 13, Montevideo, Uruguay.
4	DINAMIGE. (1989). Nomina de productores de mármoles y granitos en exposición.
5	Bausero, L. (1968). Historia del Palacio Legislativo de Montevideo. Montevideo, Uruguay.
6	Exposición de mármoles ornamentales uruguayos, Museo Geominero.
7	Arrighetti, R.; Gianotti, V. (2012). Mapa de Recursos Minerales de Maldonado a escala 1:100.000. Memoria explicativa. MIEM-DINAMIGE, Montevideo, Uruguay.

# Referencias

8	Bossi, J. (1969). Recursos Minerales del Uruguay. Nuestra Tierra, 10, Montevideo, Uruguay.
9	Ginares, A.; Leite, L.; Morales Demarco, M. (2016). Mármoles uruguayos en el patrimonio arquitectónico de Montevideo: caracterización, conservación y uso óptimo. VIII Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo, Uruguay.
10	Borca, A. (2009). Impacto Ambiental Resumen Mármol Onix. MVOTMA, Montevideo, Uruguay.
11	Walther, K. (1925). El material de revestimiento del Palacio Legislativo de Montevideo. Castro y Pizarro, Montevideo, Uruguay.
12	Martorelli, R. (1999,2001,2008). Informes. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, Instituto de la Construcción.
13	López Campaña, P. (1925). El libro del centenario del Uruguay: 1825-1925. Imprenta Latina Ucar Blanco Hnos, Montevideo, Uruguay.
14	Este trabajo.

# Referencias

15	DINAMIGE. (1987). Memoria de la Carta de Materias Primas Minerales No Metálicas – a Escala 1/1000.000. Montevideo, Uruguay.
16	Chiglino, L. (2008). Quimioestratigrafía de sequências meso e neoproterozóicas do Terreno Nico Pérez: idade, ambiente de sedimentação e correlações. [Tesis]. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 81 pp.