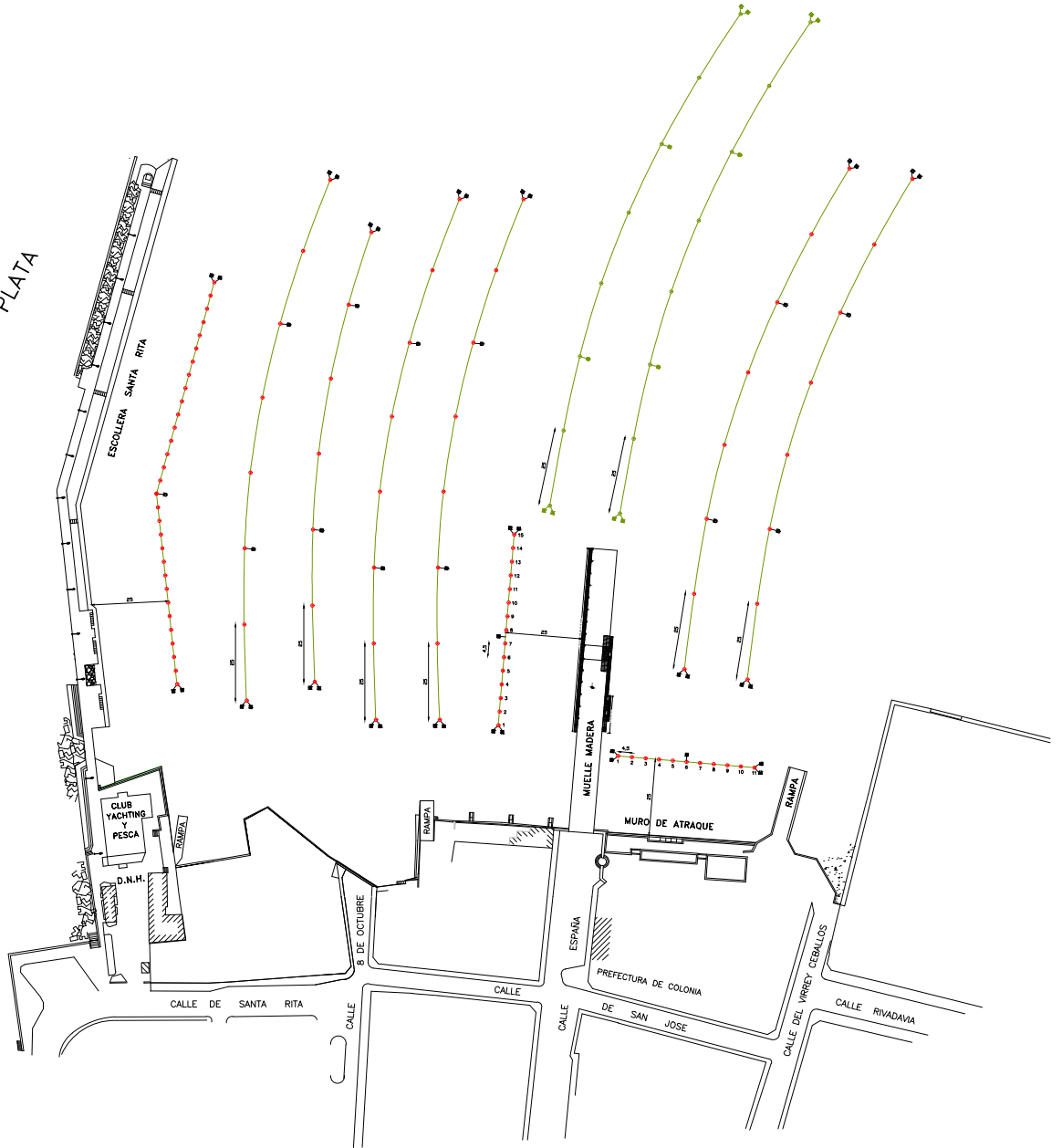


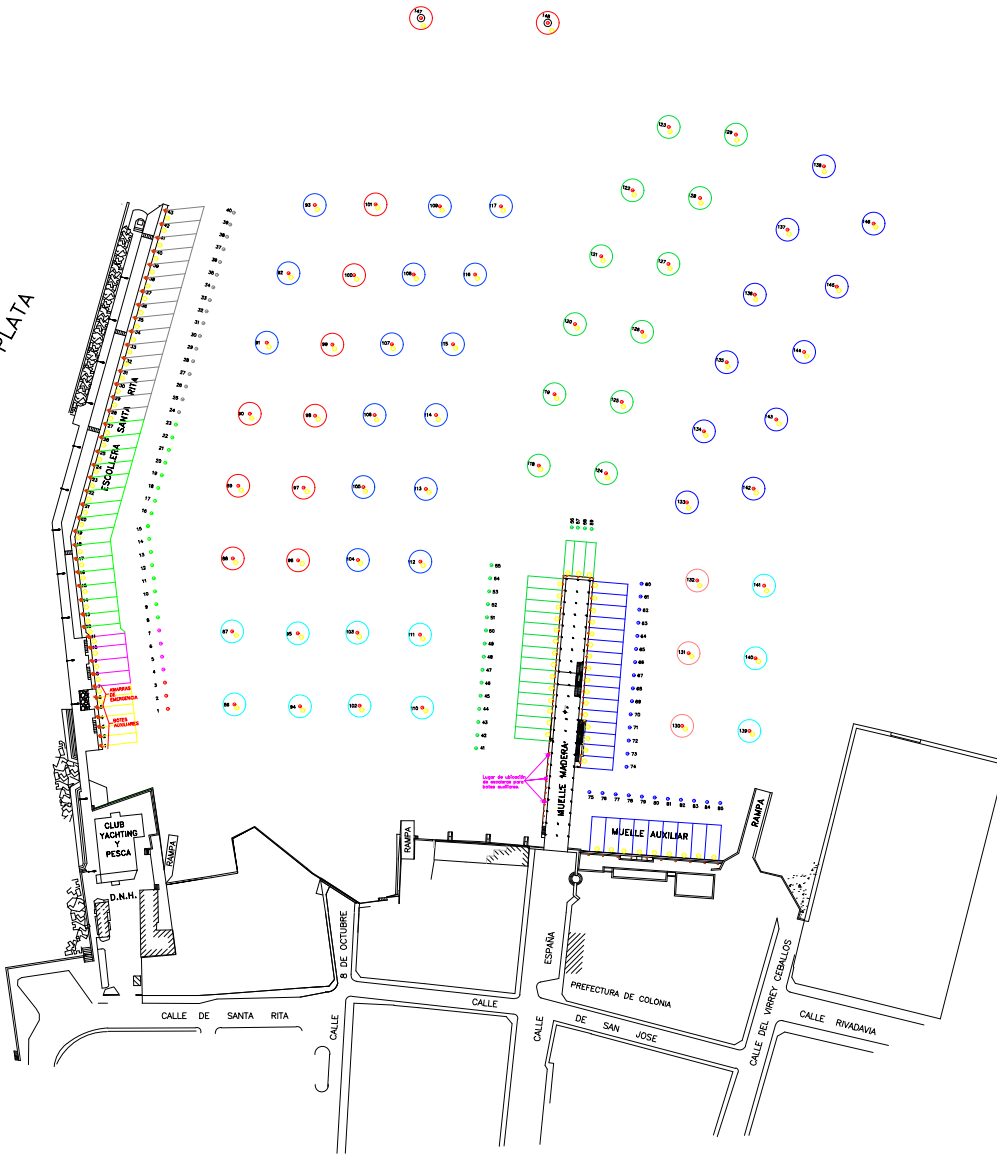
RIO DE LA PLATA



RIO DE LA PLATA



Escala 1/1000



REFERENCIAS

- Esloras de hasta 7mts
- Esloras de hasta 10mts
- Esloras de hasta 12mts
- Esloras de hasta 14mts
- Esloras de hasta 16mts
- Esloras de hasta 18mts
- Esloras de hasta 20mts
- Esloras de hasta 22mts

LUGARES

- 36 en Escollera Santa Rita
- 33 en Muelle de Madera
- 63 en Borneo
- 9 en Muelle Auxiliar
- 141 Total

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL SUMINISTRO DE DE MADERA DURA PARA CONSTRUCCIONES NAUTICAS

1.- ESPECIES ADMITIDAS

Las especies botánicas a utilizar para las construcciones náuticas de madera dura son las que se indican en la tabla 1.

Tabla 1- Especies botánicas para construcciones náuticas

Nombre botánico	Nombre común
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	Quebracho colorado chaqueño
<i>Schinopsis haenkeana</i> Engl.	Quebracho colorado chaqueño
<i>Schinopsis lorentzii</i> (Griseb.) Engl.	Quebracho colorado santiagueño
<i>Schinopsis comuta</i> Loes.	Quebracho colorado chaqueño
<i>Caesalpinia melanocarpa</i> Griseb.	Guayacán, Ibirá -Berá
<i>Caesalpinia paraguayensis</i> (D. Parodi) Burkart	Guayacán, Ibirá -Berá
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>cebil</i> (Grises.) Reis	Curupay
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Curupay - Anyico

2.- DEFINICIONES

2.1 - Pieza para construcción náutica

Se trata de una pieza prismática de sección rectangular elaborada mediante aserrado con madera dura de alguna de las especies admitidas, con el objetivo de formar parte de alguna construcción náutica.

2.2 - Zona de fijación

Zonas ubicadas hasta 25 centímetros a cada lado del eje de cada bulón de fijación o empalme de piezas.

2.3 - Cara superior

Superficie correspondiente al ancho más alejado de la médula (ver fig. 1).

2.4 - Cara inferior

Superficie correspondiente al ancho más próximo a la médula (ver fig. 1).

2.5 - Costado o canto

Superficie correspondiente al espesor (ver fig. 1).

2.6 - Médula

Pequeño núcleo existente en el centro del tronco correspondiente al primer desarrollo del árbol y alrededor del cual se forman los anillos de crecimiento (ver fig. 3).

2.7 - Duramen

La madera entre la médula y la albura del árbol (ver fig. 3).

2.8 - Albura o Sámago

Capa ó zona de color generalmente claro situada entre el duramen y la corteza. Contiene células vivas y materiales de reserva del árbol (ver fig. 3).

2.9 - Corteza

Envoltura natural exterior del árbol.

2.10 Fractura

Ruptura de la fibra de la madera como resultado de un esfuerzo excesivo de compresión o de flexión.

2.11 Rajadura

Separación de la fibra de la madera que se extiende en la dirección del eje de la pieza y afecta totalmente el diámetro ó espesor de la misma (Ver figura 4).

2.12 Grietas

Separación de las fibras de la madera que no alcanza a afectar dos caras de una pieza aserrada ó dos puntos opuestos de la superficie de una madera de sección transversal aproximadamente circular (Ver figura 4).

2.13 Pudrición

Descomposición de la madera producida por la acción de hongos xilófagos, acompañada de un proceso gradual de cambio de características físicas, químicas y mecánicas.

2.14 Taladrado

Presencia de galerías, producidas por larvas ó individuos adultos, de ciertos insectos forestales que no superen los 3 mm de diámetro.

2.15 Apolillado

Existencia en la madera de galerías que contienen un polvo fino producido, principalmente, por larvas, insectos ó crustáceos.

2.16 Alabeo

Deformación que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de su eje longitudinal, transversal ó ambos.

- a) Abarquillado (Acanaladura): Alabeo en dirección transversal a las fibras (Ver figura 7).
- c) Curvatura lateral ó encorvadura: Alabeo de los cantos en el sentido de las fibras (Ver figura 7).
- d) Curvatura lateral doble: Alabeo de los cantos en el sentido de las fibras en forma de S (Ver figura 7).
- e) Revirado ó torcedura: Alabeo helicoidal en la dirección longitudinal y transversal de las fibras (Ver figura 7).

2.17 Nudo

Parte de una rama, que por crecimiento secundario en un tronco, se encuentra incluida en él, presentando aspecto y propiedades diferentes a las de la madera circundante.

2.18 Grieta medular

Grieta que contiene la médula.

2.19 Acebolladura

Separación entre anillos anuales de crecimiento extendida a lo largo de la fibra (Ver figura 6).

2.20 Acañonado

Hueco que se produce en la cabeza de la pieza por pudrición de la médula.

2.21 Atabacado

Enfermedad del árbol que disminuye la resistencia de la madera y que se reconoce por cambio de color y consistencia de las fibras de la madera, y su aspecto es semejante a fibras de tabaco.

2.22 Lacra Tánica

Defecto consistente en el depósito de masas de tanino dentro del leño.

2.23 Aquiere

Es el defecto que se manifiesta como abertura de sección aproximadamente circular, originada especialmente por el desprendimiento de un nudo.

3. CONDICIONES GENERALES PARA LA FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS PARA CONSTRUCCIONES NAUTICAS

- 3.1 - Las piezas serán labradas o aserradas, sus caras y costados serán planos y paralelos entre sí. Sus aristas serán rectas y la sección transversal, rectangular y uniforme en sus dimensiones.
- 3.2 - Provenirán de rolos cortados de árbol vivo y sano, con su eje longitudinal paralelo a la dirección de las fibras de la madera, o de árbol muerto que reúna las condiciones de calidad fijadas por la presente norma.
- 3.3 - Está rigurosamente prohibido la utilización de árboles alcanzados por rayos.
- 3.4 - Los rolos a utilizar estarán totalmente desprovistos de corteza.
- 3.5 - La transformación de los rolos en piezas para construcción náutica no se producirá hasta transcurrido un plazo mínimo de 2 (dos) meses de realizado el corte del árbol.
- 3.6 - No se inspeccionarán piezas con menos de 20 (veinte) días calendario de aserradas.
- 3.7 - La madera presentada a la inspección deberá estar limpia, sin tierra, barro o aserrín.
- 3.8 - Todas las caras deberán estar cortadas a sierra.
- 3.9 - Las piezas estarán totalmente desprovistas de corteza.
- 3.10 - No se admitirán piezas que presenten fracturas.
- 3.11 - No se admitirán piezas que presenten apollillado en alguna de sus partes.

4 GEOMETRÍA

Las piezas tendrán forma y dimensiones simétricas con relación al eje longitudinal.
Las dimensiones y sus respectivas tolerancias son las siguientes:

Dimensión	Tolerancia
Ancho	+/- 5%
Altura	+/- 5%
Largo	+ 5%, - 1%

Estas tolerancias pueden ser aplicadas para la inspección en el lugar de recepción de las unidades de madera dura que luego de trabajadas serán colocadas en la construcción. Las piezas colocadas en la construcción náutica deberán ser trabajadas o sustituidas por otras de mayores dimensiones a los efectos de alcanzar la geometría necesaria para que cumplan correctamente con las funciones estructurales establecidas en el proyecto.

5 REQUISITOS ESPECIALES

5.1 - Lacra Tánica

No se admitirán en la zona de fijación o de apoyo.

Se podrá admitir en el resto con una profundidad menor al 10% del espesor menor de la pieza.

5.2 - Rajaduras

No se admitirán.

5.3 - Atabacado

No se admite en ambas caras simultáneamente.

No se admite en la zona de fijación o de apoyo.

No se admite atabacado medular

En el resto de los casos se podrá admitir siempre que no tenga una profundidad mayor del 10% del espesor menor de la pieza.

5.4 - Agujeros

No se admitirán agujeros en la zona de fijación o de apoyo. Se podrá admitir agujeros fuera de dichas zonas siempre que el diámetro y profundidad de los agujeros sean menores al 10% del espesor menor de la pieza (costados).

5.5 - Taladrado

No se admite.

5.6 - Acebolladura

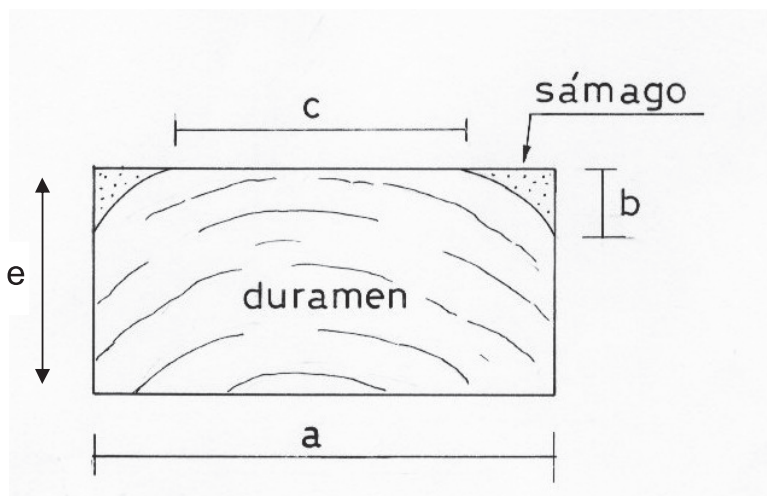
No se admite.

5.7 - Albura o Sámago

Se podrá admitir en forma restringida de acuerdo a lo establecido en la Tabla 12.

Tabla 12- Sámago admisible.

Zona de fijación o de apoyo		Otras zonas	
c	b	c	b
$c > 0,95 a$	$b < 0,05 e$	$c > 0,9 a$	$b < 0,05 e.$



El sámago se separará de la pieza en corto tiempo por lo que no podrá ser considerada su colaboración a los efectos estructurales.

5.8 - Abarquillado

No se admitirá.

5.9 - Combado

No se admitirá con una flecha (f) mayor al 0,2% de la longitud total de la pieza.

5.10 Curvatura lateral

No se admitirá con una flecha (f) mayor al 0,2% de la longitud total de la pieza.

5.11 Revirado

No se admitirá.

5.12 Acañonado

Se podrá admitir acañonado siempre que su profundidad no supere las tolerancias de longitud de la pieza y que no afecte la zona de fijación o de apoyo.

Las piezas no podrán presentar acañonado en ambas cabezas.

5.13 Grietas

No se admitirán grietas que lleguen a la médula (Ver fig. 5).

Se podrá admitir otros tipos de grietas en forma limitada según se establece a continuación:

No debe afectar la zona de fijación.

Se podrán admitir grietas cuya longitud sea menor al 5% de la longitud de la pieza, su profundidad sea menor al 15% del espesor menor de la pieza y su ancho menor a 2 mm.

5.14 Nudos

Se podrá admitir nudos firmes y sanos siempre que estén fuera de la zona de fijación o de apoyo y su diámetro mayor no exceda al 10% del espesor menor de la pieza.

El mismo criterio se aplicará para agujeros de nudos si están rodeados de madera firme y sana. No se admitirán nudos agrupados que a juicio del receptor puedan afectar la resistencia de la pieza.

5.15 Sección Transversal

Se tolerarán secciones de forma trapezoidal siempre y cuando las dimensiones estén dentro del rango admitido en la cláusula 4.

5.16 Superposición de defectos

No se admitirán piezas que presenten superposición de defectos.

5.17 Las piezas suministradas no deberán contener corteza e insectos vivos. Si en la etapa de inspección se detectara indicios aún en una cantidad insignificante, las piezas serán rechazadas.

5.18 Las piezas a inspeccionar deberán cumplir con la especie definida en el Art. 2.1. Si por algún motivo arribaran a destino piezas que no fueran de las especies aceptadas por esta especificación técnica, las mismas serán rechazados en destino debiendo el

contratista sustituirlas por piezas que cumplan todos los requisitos exigidos en un plazo no mayor a los 30 (treinta) días calendario contados a partir de la notificación que le efectúe la DNH.

6 CERTIFICACION, INSPECCION, RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO

6.1 Certificación

El contratista deberá presentar un certificado de calidad proveniente de un laboratorio tecnológico de reconocido prestigio, que acredite que la/las especie/es de madera utilizadas para la fabricación de las piezas son las especificadas en la Tabla 1.

6.2 Inspección

6.2.1 Lugar de inspección

Salvo convenio previo, la DNH tendrá el derecho a establecer el lugar de inspección de las piezas para construcciones náuticas a suministrar por el contratista, así como a realizar las inspecciones que juzgue necesarias, tanto en la fase de fabricación en cuanto al control de la calidad, como en la manipulación, el stock y la expedición, sin perjuicio de la actividad normal del fabricante.

6.2.2 Plan de inspección

Se inspeccionará la totalidad de las piezas, rechazándose y separándose de inmediato todas aquellas que no cumplan con las condiciones establecidas en la presente norma.

6.3.1 Marcado

El Inspector receptor estampará en forma legible en todas las piezas que sean aprobadas, las referencias que identifiquen claramente la aprobación y el número del inspector que haya correspondido. Cada pieza será marcada, en bajo relieve en la cara lateral (cabeza de la pieza).

6.4 Almacenamiento

Las piezas deberán almacenarse en pilas que permitan el secado natural de las mismas.

El área para stock de las piezas deberá estar limpia, drenada y será capaz de resistir el peso de las mismas, sin sufrir descensos diferenciales.

En el almacenamiento, las camadas o pilas deberán reunir los requisitos mínimos de drenaje y aireación que permita asegurar el secado uniforme de las piezas de madera dura para construcción náutica.

6.4.1 Movimiento y stock

Todos los movimientos serán realizados mediante un proceso que asegure la no deformación de las piezas. El movimiento estará exento de golpes, saltos, impactos u otra ocurrencia que pueda dañar a las piezas.

El movimiento necesario de las piezas para realizar su inspección será de cuenta del contratista.

Las pilas estarán apartadas entre sí y de cualquier obstáculo fijo, por lo menos 1 m.

7 ACEPTACION Y RECHAZO

7.1 **Aceptación**

Cuando el cumplimiento de las exigencias establecidas en la presente especificación técnica esté garantizado por el sello del Inspector receptor, se considerará efectuada la recepción.

7.2 **Rechazo**

Serán rechazadas todas aquellas piezas que no cumplan plenamente con la presente especificación técnica.

8 PROYECTO

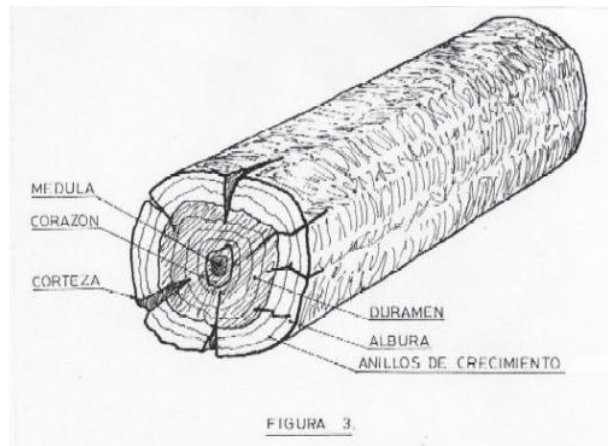
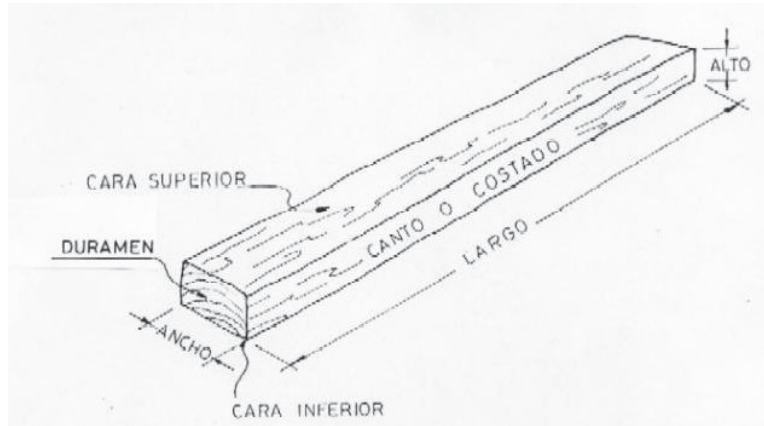
El proyectista deberá tener en cuenta esta especificación técnica y podrá establecer tolerancias y criterios más restrictivos que los establecidos en este documento.

Si resulta necesario establecer criterios menos restrictivos o mayores tolerancias esto deberá ser planteado a la Dirección Nacional de Hidrografía con la correspondiente fundamentación técnica para su consideración.

8 ANTECEDENTES

Para la elaboración de estas especificaciones técnicas se tomó como base la norma de la Administración de Ferrocarriles del Estado para la adquisición de durmientes de madera dura.

Figura 1



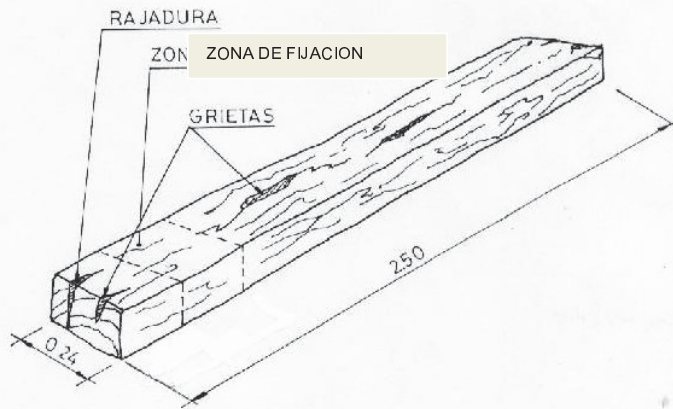
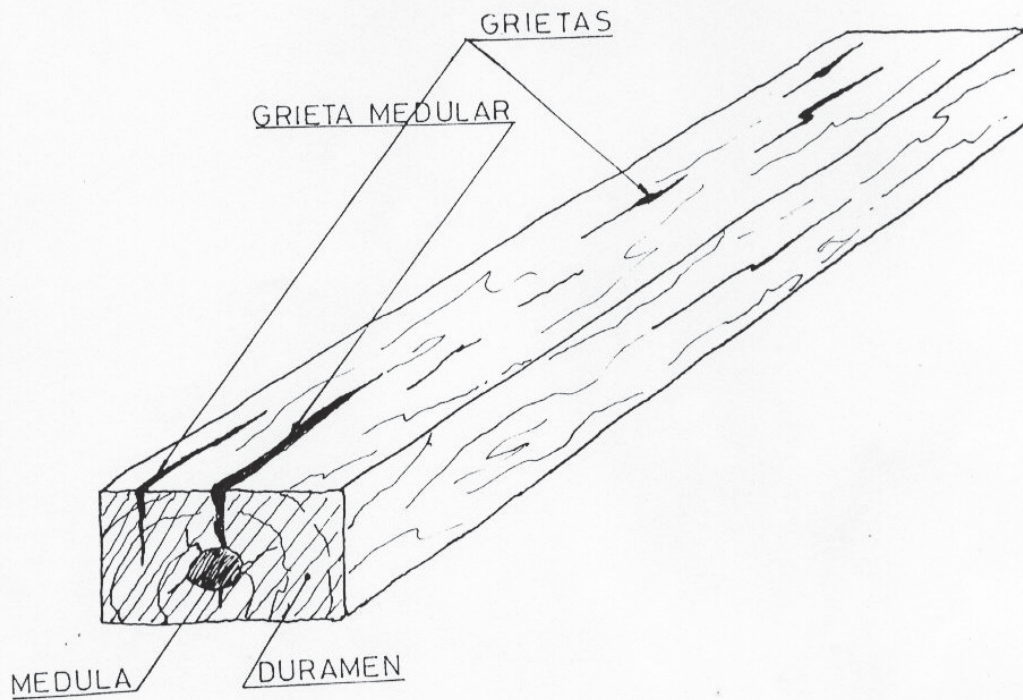
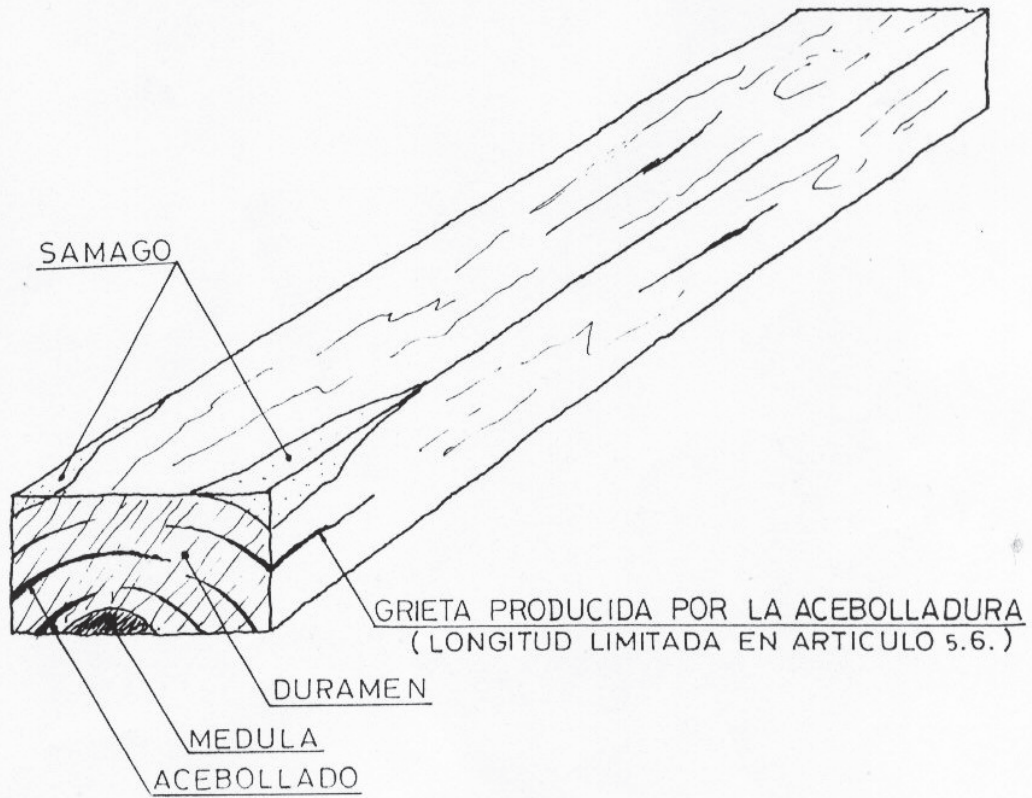


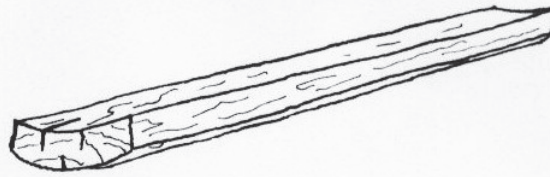
FIGURA 4.

FIGURA 5

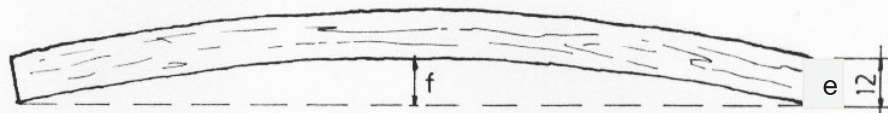


F FIG. 6 ACEBOLLADO

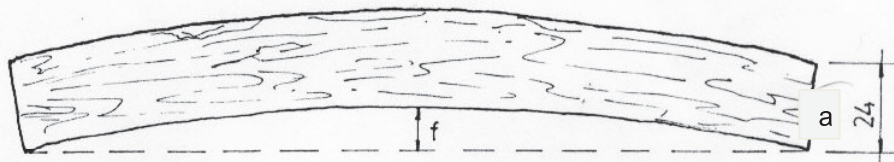




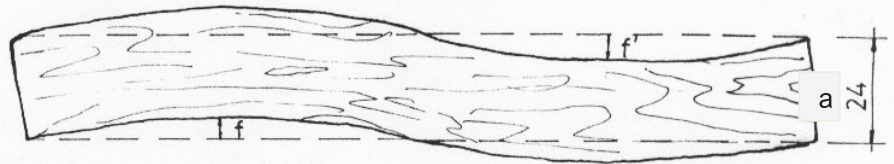
ABARQUILLADO (a)



COMBADO O ARQUEADO (b)



CURVATURA LATERAL SIMPLE (c)



CURVATURA LATERAL DOBLE (d)



REVIRADO (e)

FIGURA 7 -(CONJUNTO)

INFORME

Muelle de Yates de Colonia



Montevideo, 18/12/2019

Autores:

Dr. Arq. Daniel Godoy

Dr. Ing. Gonzalo Cetrangolo



Índice

Introducción y antecedentes	3
Metodología	4
Inspección Visual	7
Ensayos no Destructivos <i>in situ</i>	8
Ensayos en Laboratorio.....	10
Comentarios finales y Recomendaciones	12
Créditos.....	15
Referencias	16
Anexo 1.....	17
Anexo 2.....	20

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Introducción y antecedentes

De acuerdo a lo solicitado por la empresa Dieste y Montañez, docentes de la Facultad de Ingeniería realizaron la inspección del muelle de Yates de la ciudad de Colonia, en los meses de noviembre y diciembre de 2019. Participaron docentes del Instituto de Ensayo de Materiales y del Instituto Estructuras y Transporte.

El Muelle de Yates es una estructura de madera de 92 metros de longitud. Cuenta con instalaciones para proveer a los yates de los servicios de acceso a las embarcaciones en la parte inferior. También funciona como una atracción turística la parte superior, con un espacio de recreación. En la figura 1 se puede observar el muelle con ambas zonas.

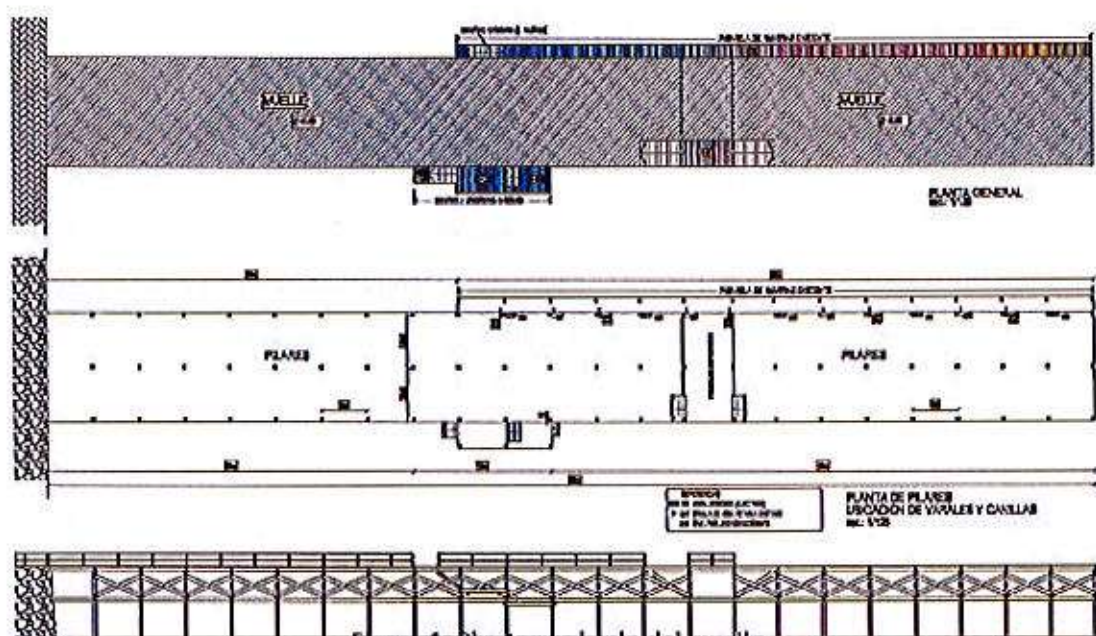


Figura 1. Plantas y alzado del muelle.

El muelle sufrió varias modificaciones y reparaciones desde su inauguración, en la actualidad se puede observar diferentes refuerzos metálicos y de madera para garantizar su funcionamiento con mayor seguridad. De todas formas, se pueden observar algunos faltantes de piezas de madera originales, y daños en la estructura a simple vista.



El objetivo del presente informe es dar cuenta del estado actual del muelle, como así también, la realización de un diagnóstico de los distintos elementos estructurales, la caracterización de la madera y brindar recomendaciones para futuras construcciones.

El informe consta de una sección donde se presenta la Metodología desarrollada, los resultados obtenidos de la Inspección visual, donde en mayor detalle se muestran algunas zonas con ciertos tipos de daño. Para complementar la Inspección Visual se realizaron Ensayos No Destructivos *in situ* para validar el diagnóstico visual. También se presenta la Caracterización de la Madera en Laboratorio. Finalmente se desarrolla la sección Comentarios Finales y Recomendaciones, donde se plantean los puntos más relevantes, se manejan las posibles causas del deterioro y una recomendación de actuación.

Metodología

La metodología consistió en la lectura de planos y antecedentes de la estructura. La estructura fue dividida en pórticos, donde cada pórtico fue numerado del 1 al 23, tal como se muestra en la Figura 2, para identificar los daños en cada uno de ellos. En la Figura 3 se presenta un pórtico genérico con la identificación de cada elemento estructural. Con esa identificación se procedió a la representación en planos identificando en cada elemento estructural el daño correspondiente. También se numeraron las zonas entre pórticos.

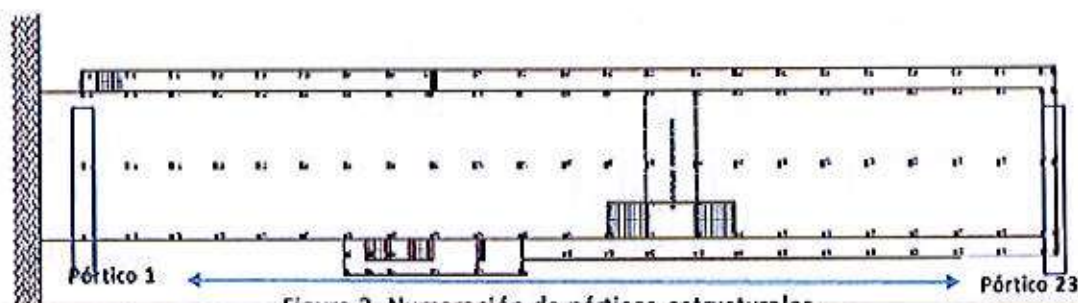


Figura 2. Numeración de pórticos estructurales.

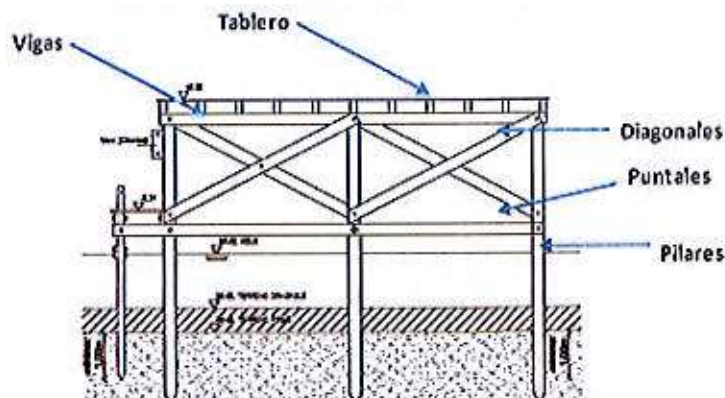


Figura 3. Identificación de elementos estructurales.

La identificación de daños de forma visual fue complementada con Ensayos no Destructivos *in situ*, para la medición de humedad en algunas zonas, y para corroborar que efectivamente se estaba ante la presencia de procesos de deterioro que generan un aumento localizado de la humedad. El equipo utilizado fue de penetración, marca GANN modelo RTU 600, el cual tiene dos sondas que se clavan en la madera para estimar la humedad en el interior de esta, tal y como se aprecia en la Figura 4. En algunas zonas se utilizó la técnica de ultrasonido, la cual sirve como una referencia para caracterizar la madera y para detección de daños. El equipo utilizado fue marca Fakopp modelo Microsecond timer. También se utilizó un taladro inalámbrico marca Bosch para verificar el estado en el interior de la madera.

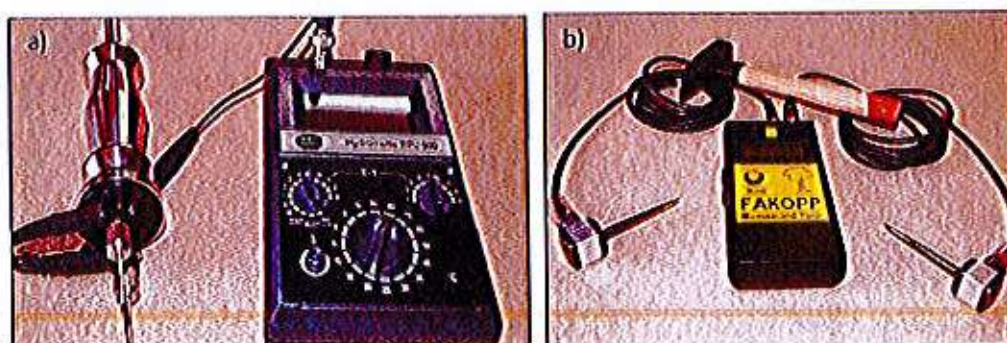


Figura 4. Equipos de medición de onda de impacto, a) Xilohigrómetro Gann modelo RTU 600, b) Microsecond timer de la empresa Fakopp.

En cuanto a la caracterización de la madera en laboratorio, personal de la DNH nos facilitó una pieza ya aserrada la cual había sido retirada del muelle, por problemas de sujeción en sus



extremos. La pieza fue utilizada para medir en laboratorio la densidad de la madera, la velocidad de ultrasonido, y para obtener en prensa el módulo estático y la resistencia a flexión en pequeñas probetas (Figura 5).

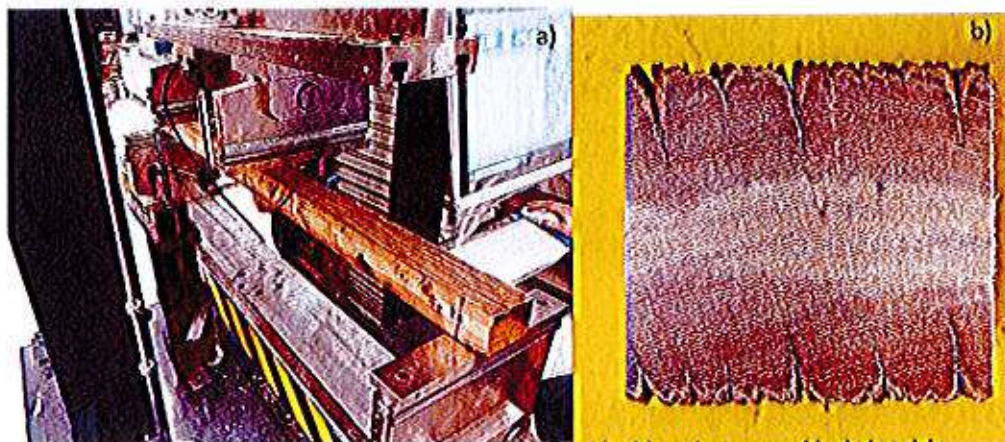


Figura 5. Ensayos en laboratorio a) ensayo a flexión, b) probeta extraída de la tabla.



Inspección Visual

En la figura 6 se puede observar una fotografía con la identificación de daños en la zona de los pilares, en la zona de unión de estos con las diagonales también se presenta daño de importancia.



Figura 6. Daño en la zona de *Splash* en el pilar central y puntal horizontal.

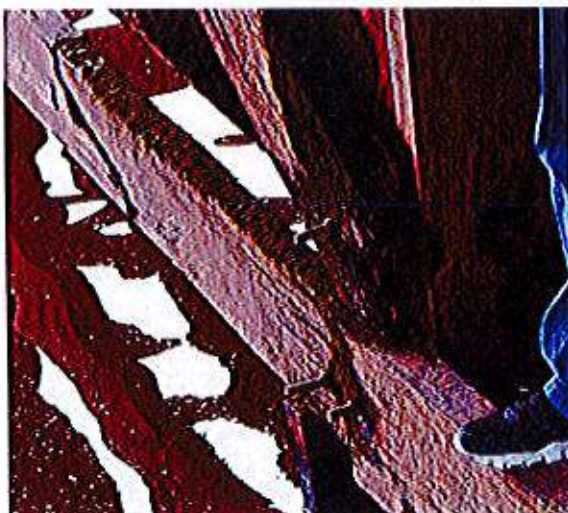


Figura 7. Importante pérdida de sección en las diagonales, con afectación por crecimiento vegetal.

En el Anexo 1 se presentan más fotografías con los tipos de daños detectados. En el Anexo 2 se presenta una lista con todos los pórticos, donde se identifican los daños detectados en los distintos elementos estructurales.



Ensayos no Destructivos *in situ*

Los ensayos no destructivos se realizaron a diversos elementos de la estructura con el objetivo de caracterizar el material e identificar zonas con cambios en las propiedades atribuibles a problemas de daño, para validar los resultados obtenidos con los ensayos no destructivos se utilizó un taladro de mano, el cual sirvió para confirmar la identificación de zonas dañadas y de zonas sanas. La velocidad de propagación se calculó utilizando la Ec. 1,

$$V_p = d / t \quad [1]$$

donde V_p es la velocidad de propagación de ultrasonido en metros por segundo, d es la distancia entre transductores en metros, y t es el tiempo obtenido en el equipo, medido en microsegundos. Con la velocidad de ultrasonido, y asumiendo el viaje de las ondas de ultrasonido planas y en una dirección, se puede obtener el módulo de elasticidad dinámico (E_d), de acuerdo a la Ec. 2

$$E_d = V_p^2 * \rho \quad [2]$$

donde ρ es la densidad del material medida en kilogramos dividido metros cúbicos.

En cuanto a los valores de velocidad de ultrasonido en el material sano (Figura 8), los valores obtenidos son consistentes con una madera dura, con un módulo de elasticidad dinámico de más de 20 GPa, mientras que en las zonas dañadas los valores obtenidos fueron menores, lo que es una indicación que los procesos de deterioro no son solamente superficiales, sino que afectan el interior del material. Por ejemplo, en el Pilar 1 del Pórtico 11 el módulo de elasticidad dio valores de 16.6 GPa en una zona con aparente daño, a diferencia de lo obtenido en una zona con apariencia de estar en buen estado donde el módulo de elasticidad dinámico obtenido fue de 20.9 GPa

La utilización del taladro permitió corroborar la presencia de daños en el interior de la madera y de pérdida de capacidad resistente, ya que en las zonas identificadas con daños la resistencia a



la penetración de la madera fue baja y el taladro penetró sin ningún inconveniente el material, mientras que, en las zonas con apariencia sana, el taladro no pudo penetrar en el material ya que la capacidad del motor no alcanzó para vencer la resistencia del material.

La medición de humedad en el interior de la madera se realizó en distintos elementos estructurales (Figura 9), obteniéndose valores entre 10 y 15 % para los elementos sanos, y valores cercanos a 20 % en los elementos con pudrición.

En la zona más cercana al nivel del agua la humedad en el interior de la madera fue mayor y consistente con procesos de deterioro en algunos casos, en otros no se detectó daño pero igualmente los niveles de humedad detectados fueron cercanos a 15 %.

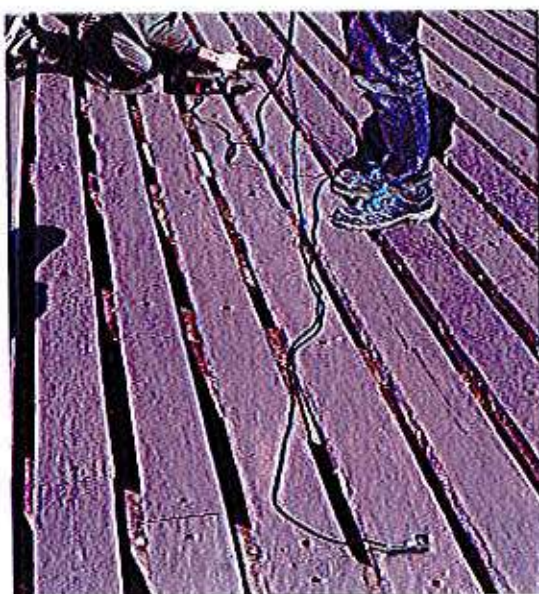


Figura 8. Medida de velocidad de propagación de pulsos ultrasónicos en pieza de madera *in situ*.



Figura 9. Medición de humedad en elementos de madera *in situ*

Ensayos en Laboratorio

En laboratorio se ensayó una pieza de madera que fue suministrada por personal de la DNH. Se realizaron ensayos para obtener la densidad, el contenido de humedad, el módulo de elasticidad estático, módulo de rotura, y módulo de elasticidad dinámico.

Resultados de la pieza obtenida:

M= 19.854 kg

dimensiones 6.2 x 24 x 129.5 cm³

densidad = 1030.3 kg/m³

Ultrasonido:

d= 129.5 m

t= 267.7 us

Vp=4840 m/s

Módulo de Elasticidad dinámico = 24.1 GPa



De la pieza de madera se tomaron 3 probetas para ensayar a flexión, en ensayo normalizado según la norma UNE EN 408, los valores obtenidos de estos ensayos son presentados en la Tabla 1 y en la Figura 10.

Tabla 1: Valores obtenidos de tres vigas en ensayo de flexión de cuatro puntos.

		Viga 1	Viga 2	Viga 3
Resistencia a flexión (f_m)	N/mm ²	92.4	61.4	62.7
Resistencia (límite elástico) ($f_{m,e}$)	N/mm ²	92.4	42.9	35.1
Módulo de elasticidad global ($E_{m,g}$)	kN/mm ²	14.0	11.5	10.8
M. elasticidad global al 12% ($E_{m,g12}$)	kN/mm ²	14.6	11.9	11.3

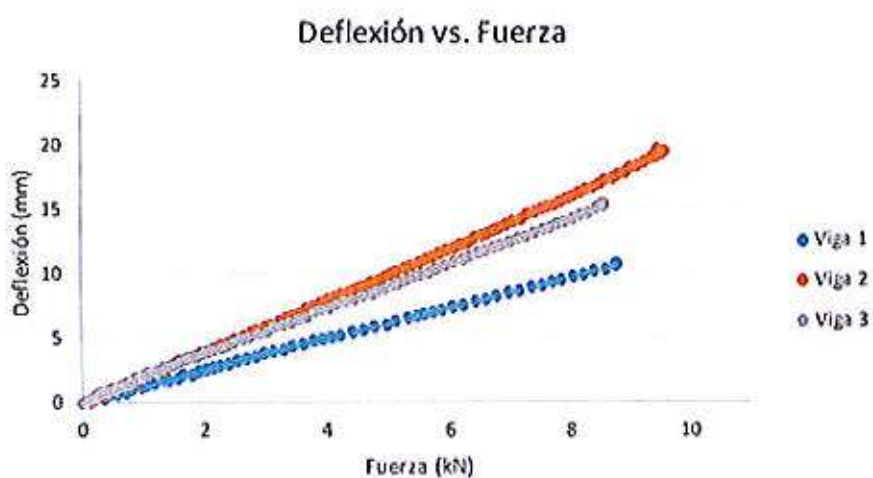


Figura 10. Curva Deflexión vs. Fuerza para las tres vigas ensayadas.

Los valores obtenidos de los ensayos mostraron un valor promedio de Resistencia a Flexión de 72.2 N/mm², Resistencia (límite elástico) 56.8 N/mm², Módulo de elasticidad global de 12.1 kN/mm² y Módulo de elasticidad global al 12% de 12.6 kN/mm².



Se observa que los valores obtenidos en estas vigas son menores que los valores de referencia para el Curupay, o para el Lapacho colorado. Ambas especies tienen valores de densidad similares a los obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Comentarios finales y Recomendaciones

El muelle presenta problemas vinculados al deterioro del material en distinto grado.

Las uniones de las diagonales con los pilares se encuentran en su gran mayoría deterioradas, con pérdida de sección, y con los elementos de fijación sin cumplir con su función. En cuanto a los pilares, se observó que existe gran parte de estos elementos con deterioro en la zona en contacto con el agua (*splash*) con importante ablandamiento del material y pérdida de sección. Los ensayos de penetración mostraron que el problema es también en el interior de los pilares. Muchos elementos estructurales presentan deterioro por pudrición ocasionada por humedad y material vegetal en zonas donde presenta agrietamiento de importancia. La causa puede deberse a que, al momento de colocar la madera, esta no estaba en condición seca (18 % de humedad o menor, en equilibrio con el ambiente) por lo que pudo haber causado concentración de tensiones y el agrietamiento del material al no poder absorber los cambios volumétricos. En la viga izquierda del pórtico 10 se observa una deflexión importante, siendo esta situación visible a simple vista.

Los puntales presentan un importante nivel de daño, siendo en la mayor parte de los casos en las uniones con los pilares.

Los niveles de deterioro en las vigas son menores a los detectados en el resto de los elementos estructurales. Pero estos niveles de deterioro, principalmente en la zona de apoyo del entablado superior por deterioro de los clavadores. Por problemas de pudrición en los clavadores, hace que el entablado superior se desclave en algunas zonas generando que se suelten algunos elementos, y ser inestable al ser utilizado por los peatones.

De acuerdo al informe sobre el relevamiento subacuático suministrado por Dieste y Montañez, en inspección realizada el 08/11/2019, bajo el nivel del agua los problemas parecen agravarse en



gran parte de los pilares, con pérdida de sección y ablandamiento del material. Inclusive en zonas reparadas previamente.

La inspección visual, junto con los ensayos no destructivos y destructivos, valores de módulo de elasticidad, y resistencia a la flexión, además del valor de la densidad, son consistentes con la especie conocida como Curupay. Aunque en la pieza ensayada, los valores obtenidos de las propiedades mecánicas a excepción de la densidad fueron menores que los valores correspondientes para Curupay. Esto puede deberse a una afectación o disminución de las propiedades mecánicas por procesos de deterioro ocasionados por la humedad y el paso del tiempo.

Por lo expuesto anteriormente se recomienda que cualquier intervención que se haga en esta obra, o en otras similares, tome en cuenta el grado de exposición de la madera y consecuente a ello se elija una estrategia de protección, como ser la protección por diseño, la adecuación de la especie elegida a la clase de uso o la impregnación en profundidad con productos químicos. Según la norma EN 335:2013 corresponde a una clase de uso 4 (Madera en contacto permanente con el agua dulce) para la parte inferior de los pórticos y clase de uso 3 (madera al descubierto donde se produce una humidificación frecuente) para la parte superior de los pórticos y el tablero.

Algunas consideraciones acerca de la selección de la madera:

- En la actualidad es frecuente encontrar en el mercado nacional madera dura proveniente de árboles jóvenes, lo que hace que sus propiedades físicas y mecánicas sean menores que las previstas para la madera adulta.
- Otra opción posible sería la utilización de madera forestada de origen nacional con tratamiento protector por impregnación en profundidad. En el caso del eucalipto no es recomendable su utilización ya que solo es impregnable la albura, no así el duramen, lo que conduce a una baja durabilidad por quedar desprotegido en su zona central. En el caso del pino este es totalmente impregnable en profundidad.



- Respecto al tratamiento protector en profundidad, el que ha demostrado mayor efectividad para clase de uso 4 es la aplicación de creosota. Este producto es muy peligroso en su manipulación en la planta industrial y se encuentra incluido en la lista de productos con restricciones de uso de acuerdo al art.5 del convenio OIT-Uruguay N°162 (ver anexo). En la actualidad no se tiene registro de que alguna empresa impregnadora lo tenga disponible en el mercado, no obstante, se podría explorar si es posible obtenerlo bajo pedido.
- El tratamiento más extendido a nivel nacional es la aplicación de sales CCA (Cromo-Cobre-Arsénico), la utilización del mismo presenta problemas ambientales por lo que su uso es cada vez más restringido a nivel mundial. Según Dieste (2014) los componentes del CCA son altamente insolubles en madera en que las reacciones de fijación ocurrieron adecuadamente; sin embargo, en contacto con agua, la madera libera gradualmente los componentes del CCA al ambiente. En Uruguay no existen restricciones para el uso de madera tratada con CCA. Está permitido su empleo a cualquier retención y en cualquier uso. En función de la clase de uso es recomendable que exista una retención mínima de la solución protectora en la madera, en la tabla 2 se muestran los niveles recomendados de retención. La profundidad de profundidad de impregnación para las clases de uso 3 y 4 debe ser del 100%.

Tabla 2: Niveles de retención definidos por las empresas impregnadoras de Uruguay

Especie	Uso	Retención (kgm ⁻³)
<i>Pinus spp.</i>	Sobre el suelo	4.0
	Contacto con el suelo (no estructural)	6.4
	Expuesto al agua (estructural)	9.6
	Expuesto al agua (fundaciones)	12.8
	En agua marina	40.0

- Otra opción es el uso de madera con tratamientos más ecológico, pero los cuales no son disponibles en el mercado local. Como por ejemplo madera acetilada o furfúrida.

En la clase de servicio 3, otro aspecto que se debe considerar es el diseño de las uniones, considerando que se debe obtener la protección por diseño de la estructura al momento de ser proyectada. Esto es para evitar la acumulación de agua en dichas uniones, manteniendo la



madera con posibilidad de secarse rápidamente. Evitando favorecer la presencia de hongos en el material.

Es importante también considerar que para usos estructurales la madera debe estar seca al momento de su colocación (Contenido de Humedad menor al 18%, en equilibrio con el ambiente).

Créditos

En los trabajos necesarios para la realización del presente informe, participaron el Bach. Gonzalo Cabrera, los Ing. Leandro Domenech y Gonzalo Moltini, y la Dra. Alina Aulet. La elaboración de este informe estuvo a cargo del Dr. Arq. Daniel Godoy y Dr. Ing. Gonzalo Cetrangolo.

Dr. Arq. Daniel Godoy

Dr. Ing. Gonzalo Cetrangolo



Referencias

DIESTE, Andrés, Programa de promoción de exportaciones de productos de madera. Consejo Sectorial Forestal-Madera. Mitigación del impacto ambiental de la madera tratada químicamente Montevideo: 2014.

OIT- URUGUAY. CONVENIO 162. Art. 5º. – “Prohíbese el uso o empleo de las sustancias enumeradas en la Tabla Anexa IV, salvo cuando se asegure a los trabajadores ocupados niveles óptimos de higiene ambiental y se les provea previamente a la ejecución de sus tareas de los elementos de protección personal contra inhalación de las sustancias cancerígenas y/o el contacto con dichos gases.”



Anexo 1

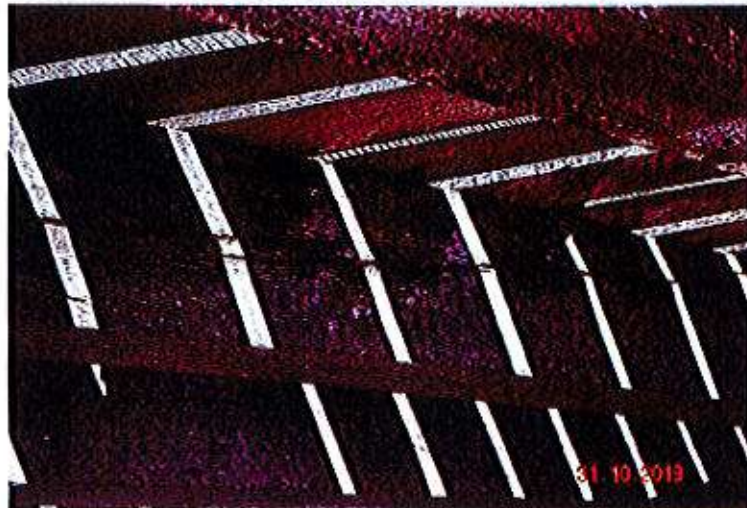


Figura A1. Fisura horizontal en clavadores.



Figura A2. Fisura vertical en pilar.

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.

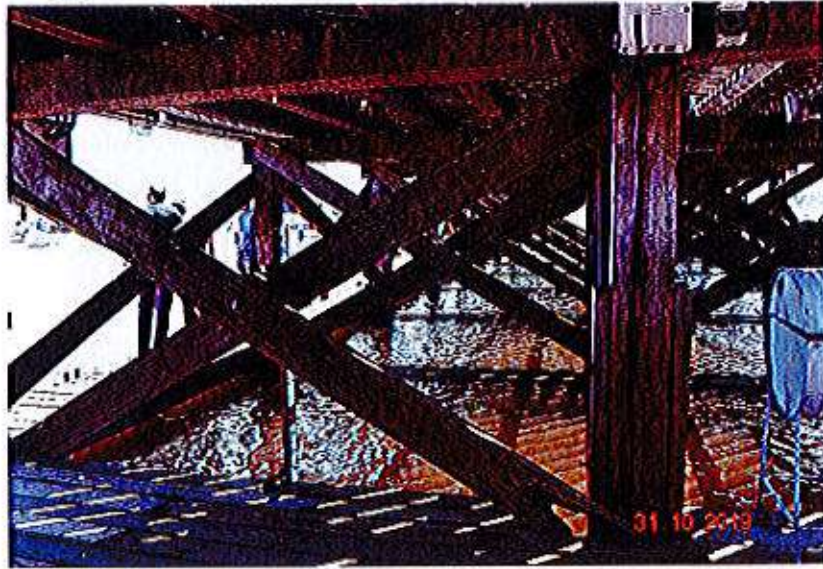


Figura A3. Fisuras verticales en pilares, con ingreso de humedad en fisuras.

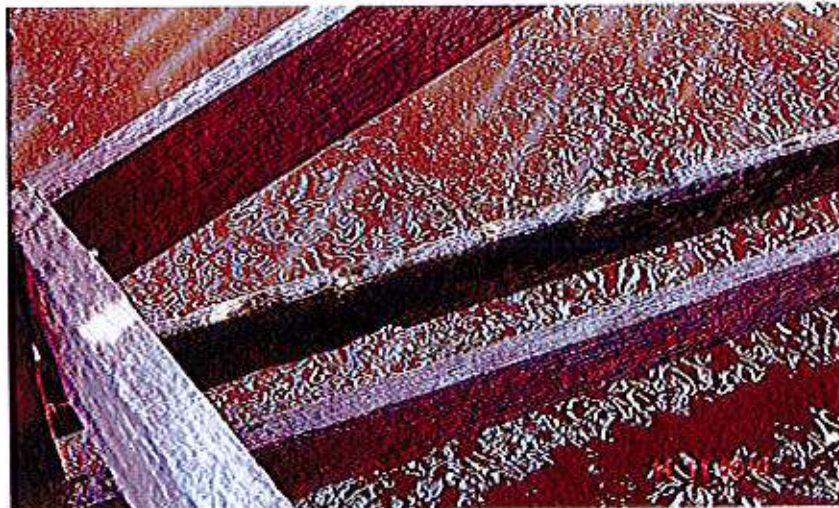


Figura A4. Pérdida de sección en puntales horizontales.

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.



Figura A5. Vegetación en la unión de los elementos.



Figura A6. Ataque de insectos en pilar y viga de Pórtico.



Anexo 2

Muelle Colonia DNH**Relevamiento visual estructura**

Fecha de inspección: 31/10/19

* izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Portico	Tipo de pieza	Pilote	Situación	Comentarios
1	pilar 1	117	fisura en vertical	
1	pilar 2	118	zonas blandas bajo nivel de agua	
1	pilar 3	119	zonas blandas bajo nivel de agua	
1	diagonal izquierda		aceptable	
1	diagonal derecha		aceptable	
1	tirante izquierdo		fisuras + moho	
1	tirante derecho		fisuras + moho + pudrición	
2	pilar 1	113	refuerzo madera	
2	pilar 2	114	refuerzo madera	
2	pilar 3	115	zonas blandas bajo nivel de agua	
2	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
2	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
2	tirante izquierdo		moho + pudrición	
2	tirante derecho		moho + pudrición	
3	pilar 1	109	aceptable	<i>vigo superior del pórtico con refuerzos metálicos y puntales metálicos</i>
3	pilar 2	110	refuerzo metálico	
3	pilar 3	111	zonas blandas bajo nivel de agua	
3	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
3	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
3	tirante izquierdo		faltante de sección	
3	tirante derecho		faltante de sección	

**Muelle Colonia DNH****Relevamiento visual estructura**

Fecha de inspección: 31/10/19

* izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Pórtico	Tipo de pieza	Pilote	Situación	Comentarios
4	pilar 1	105	zonas blandas bajo nivel de agua	refuerzo madera
4	pilar 2	106	zonas blandas bajo nivel de agua	
4	pilar 3	107	zonas blandas bajo nivel de agua	
4	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	fisura longitudinal a la altura del bulón
4	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
4	tirante izquierdo		moho + pudrición	
4	tirante derecho		moho + pudrición	
5	pilar 1	101	refuerzo metálico	
5	pilar 2	102	refuerzo madera	
5	pilar 3	103	refuerzo metálico	
5	diagonal izquierda		moho	
5	diagonal derecha		moho	
5	tirante izquierdo		falta tirante	
5	tirante derecho		aceptable	
6	pilar 1	97	aceptable	vigas superiores del pórtico con señales de deterioro evidentes
6	pilar 2	98	refuerzo madera	
6	pilar 3	99	refuerzo madera	perdida de sección bajo refuerzo
6	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
6	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
6	tirante izquierdo		moho + vegetación	
6	tirante derecho		moho + pudrición	
7	pilar 1	93	fisura en vertical	
7	pilar 2	94	zonas blandas bajo nivel de agua	
7	pilar 3	95	refuerzo madera	
7	diagonal izquierda		aceptable	
7	diagonal derecha		aceptable	
7	tirante izquierdo		moho	
7	tirante derecho		moho	

**Muelle Colonia DNH****Relevamiento visual estructura**

Fecha de inspección: 31/10/19

* Izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Pórtico	Tipo de plezo	Pilote	Situación	Comentarios
8	pilar 1	85	aceptable	
8	pilar 2	86	refuerzo madera	
8	pilar 3	87	aceptable	
8	diagonal izquierda		aceptable	
8	diagonal derecha		aceptable	
8	tirante izquierdo		moho + pudrición	
8	tirante derecho		moho	empalme por rayo de jupiter desarmado y torcido
9	pilar 1	79	aceptable	viga superior del pórtico con deformación evidente y fisuras longitudinales
9	pilar 2	80	fisura en vertical	
9	pilar 3	81	faltante de sección	
9	diagonal izquierda		aceptable	
9	diagonal derecha		aceptable	
9	tirante izquierdo		aceptable	
9	tirante derecho		faltante de sección	
10	pilar 1	74	faltante de sección	
10	pilar 2	75	zonas blandas bajo nivel de agua	
10	pilar 3	76	aceptable	
10	diagonal izquierda		aceptable	
10	diagonal derecha		aceptable	
10	tirante izquierdo		combado	
10	tirante derecho		suelto, sujeto con refuerzo de madera y alambre	

**Muelle Colonia DNH****Relevamiento visual estructura**

Fecha de inspección: 31/10/19

* izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Pórtico	Tipo de pieza	Pilote	Situación	Comentarios
11	pilar 1	69	fisura en vertical	
11	pilar 2	70	fisura en vertical	
11	pilar 3	71	zonas blandas bajo nivel de agua	
11	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
11	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
11	tirante izquierdo		combado y suelto	
11	tirante derecho		combado y suelto	
12	pilar 1	64	aceptable	
12	pilar 2	65	zonas blandas bajo nivel de agua	
12	pilar 3	66	zonas blandas bajo nivel de agua	
12	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
12	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
12	tirante izquierdo		moño + pudrición	
12	tirante derecho		aceptable	
13	pilar 1	59	zonas blandas bajo nivel de agua	viga superior pórtico con fisuras y vegetación
13	pilar 2	60	zonas blandas bajo nivel de agua	
13	pilar 3	61	aceptable	
13	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
13	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
13	tirante izquierdo		fisura en vertical	
13	tirante derecho		combado	

**Muelle Colonia DNH****Relevamiento visual estructura**

Fecha de inspección: 31/10/19

* Izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Pórtico	Tipo de pieza	Pilote	Situación	Comentarios
14	pilar 1	53	refuerzo madera	
14	pilar 2	55	zonas blandas bajo nivel de agua	
14	pilar 3	56	refuerzo madera	
14	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
14	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
14	tirante izquierdo		combado + moho	
14	tirante derecho		combado + moho	
15	pilar 1	47	fisura en vertical	
15	pilar 2	49	fisura en vertical	
15	pilar 3	50	zonas blandas bajo nivel de agua	
15	diagonal izquierda		faltante de material en encuentro del pilar 2	
15	diagonal derecha		faltante de material en encuentro del pilar 2	
15	tirante izquierdo		fisura en vertical	
15	tirante derecho		fisura en vertical	
16	pilar 1	42	zonas blandas bajo nivel de agua	viga superior del pórtico con deformación evidente
16	pilar 2	43	zonas blandas bajo nivel de agua	
16	pilar 3	44	zonas blandas bajo nivel de agua	
16	diagonal izquierda		aceptable	
16	diagonal derecha		aceptable	
16	tirante izquierdo		aceptable	
16	tirante derecho		faltante de sección	
17	pilar 1	37	refuerzo de madera	viga superior portico con fisuras
17	pilar 2	38	refuerzo de madera + fisuras verticales	
17	pilar 3	39	refuerzo de madera	
17	diagonal izquierda		aceptable	
17	diagonal derecha		acebolladura	
17	tirante izquierdo		aceptable	
17	tirante derecho		aceptable	

**Muelle Colonia DNH****Relevamiento visual estructura**

Fecha de inspección: 31/10/19

* izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Pórtico	Tipo de pieza	Pilote	Situación	Comentarios
18	pilar 1	32	refuerzo de madera	
18	pilar 2	33	zonas blandas bajo nivel de agua	
18	pilar 3	34	encamizado metálico, pérdida de sección total madera	
18	diagonal izquierda		aceptable	
18	diagonal derecha		aceptable	
18	tirante izquierdo		faltante de sección	
18	tirante derecho		combado	
19	pilar 1	27	refuerzo + zonas blandas bajo agua + fisuras	<i>viga portico superior parece ser intervencion posterior (otra madera) deteriorada</i>
19	pilar 2	28	refuerzo + zonas blandas bajo agua + fisuras	
19	pilar 3	29	zonas blandas bajo nivel de agua	
19	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 1, 2 y 3	
19	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 1, 2 y 3	
19	tirante izquierdo		faltante de sección	
19	tirante derecho		faltante de sección	
20	pilar 1	22	zonas blandas bajo nivel de agua	<i>viga superior portico con fisuras</i>
20	pilar 2	23	zonas blandas bajo nivel de agua	
20	pilar 3	24	zonas blandas bajo nivel de agua	
20	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
20	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
20	tirante izquierdo		encuentro con pudrición pilar 2	
20	tirante derecho		encuentro con pudrición pilar 2	

**Muelle Colonia DNH****Relevamiento visual estructura**

Fecha de Inspección: 31/10/19

* izquierda/derecha, 1/2/3, considerado vista frontal desde el agua

Nº Pórtico	Tipo de pieza	Pilote	Situación	Comentarios
21	pilar 1	17	zonas blandas bajo nivel de agua	viga superior pórtico con fisuras y vegetación
21	pilar 2	18	zonas blandas bajo nivel de agua	
21	pilar 3	19	zonas blandas bajo nivel de agua	
21	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 2	
21	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 2	
21	tirante izquierdo		encuentro con pudrición pilar 2	
21	tirante derecho		encuentro con pudrición pilar 2	
22	pilar 1	12	zonas blandas bajo nivel de agua	
22	pilar 2	13	zonas blandas bajo nivel de agua	
22	pilar 3	14	zonas blandas bajo nivel de agua	
22	diagonal izquierda		fisuras en encuentro con bulon	
22	diagonal derecha		fisuras en encuentro con bulon	
22	tirante izquierdo		fisuras	
22	tirante derecho		fisuras	
23	pilar 1	7	zonas blandas bajo nivel de agua	viga superior del pórtico PNI de apoyo en todo el largo
23	pilar 2	8	refuerzo metálico	
23	pilar 3	9	zonas blandas bajo nivel de agua	
23	diagonal izquierda		encuentro con pudrición pilar 1, 2 y 3	
23	diagonal derecha		encuentro con pudrición pilar 1, 2 y 3	
23	tirante izquierdo		refuerzo de madera	
23	tirante derecho		refuerzo de madera	



Caracterización anatómica de muestras de madera de muelle en Colonia

Mauricio Botifacino, Dr.
Ludmila Profumo, Dra.

Laboratorio de Botánica - Facultad de Agronomía

Introducción

El objetivo del análisis fue describir la anatomía de cinco muestras obtenidas de un muelle en la ciudad de Colonia a solicitud de Dieste y Montañez S.A. con el fin de terminar mediante el análisis morfo-anatómico su identidad taxonómica.

Metodología

Se realizó una descripción de las propiedades macroscópicas coloración, grano, textura y tipo de porosidad para las cinco muestras y dos testigos de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Leguminosae, "Curupai").

A partir de las muestras y testigos confeccionamos probetas prismáticas de sección cuadrada de ca. 2 cm de lado. Estas muestras fueron hervidas en agua durante 72 horas. Posteriormente se procedió a montarlas en un micrótomos de deslizamiento Leica SM 2010R con el fin de obtener secciones transversales (CTR), longitudinal radiales (CLR) y longitudinal tangenciales (CLT) de 8-14 μm de espesor. Los preparados anatómicos obtenidos se tiñeron con Safranina y luego se fijaron con resina Entellan.

Para la caracterización anatómica se consideró el tamaño de los elementos anatómicos constitutivos principales (fibras y elementos de los vasos), distribución del parénquima axial, características de radios parenquimáticos y patrones especiales de organización de elementos celulares.

El Peso Específico Aparente Básico se determinó según la norma UNIT 237:2008, para lo cual se extrajeron, tanto del testigo como de cada una de las muestras, tres probetas al azar.

Resultados

Peso específico aparente básico

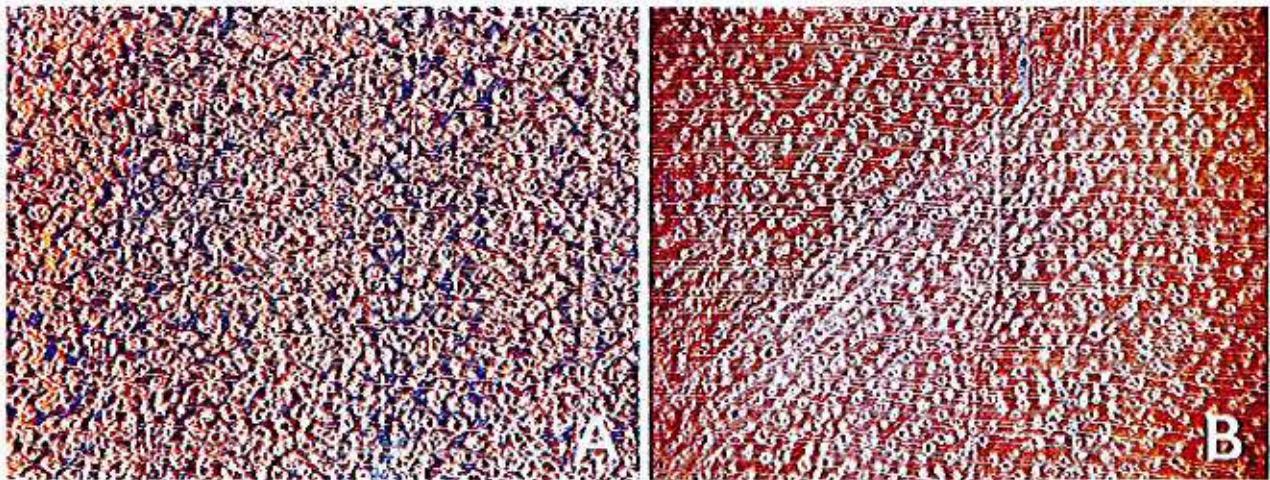
El peso específico aparente básico (PEAb) determinado a partir del análisis de tres probetas x muestra varió para las muestras obtenidas del muelle entre 0,86 y 1,08 g/ml. Para las muestras testigo el valor observado varió entre 0,86 y 0,98 g/ml (ver tabla 1). No hay diferencias significativas entre las densidades de los testigos y la de las muestras, según análisis estadístico de Tukey y análisis de varianza, ANOVA.

Tabla 1. Peso específico aparente básico

Muestra	PEAB
Muestra 1	1,08 g/ml
Muestra 2	0,91 g/ml
Muestra 3	0,97 g/ml
Muestra 4	0,95 g/ml
Muestra 5	1,05 g/ml
Testigo 1	0,86 g/ml
Testigo 2	0,98 g/ml

Descripción Anatómica Macroscópica

Desde el punto de vista macroscópico todas las muestras analizadas presentan porosidad difusa, con poros pequeños a numerosos, parénquima paratraqueal, y anillos de crecimiento están delimitados tanto por una fina



banda de parénquima marginal y por fibras con paredes engrosadas al final del período (Fig. 1).

Figura 1. Detalle macroscópico en corte transversal. **A.** Testigo. **B.** Muestra 2. Nótese la porosidad difusa, la escasa delimitación de los anillos, los radios parenquimáticos delgados de trayecto sinuoso y los elementos de los vasos dispuestos en forma solitaria y grupal.

Descripción Anatómica Microscópica

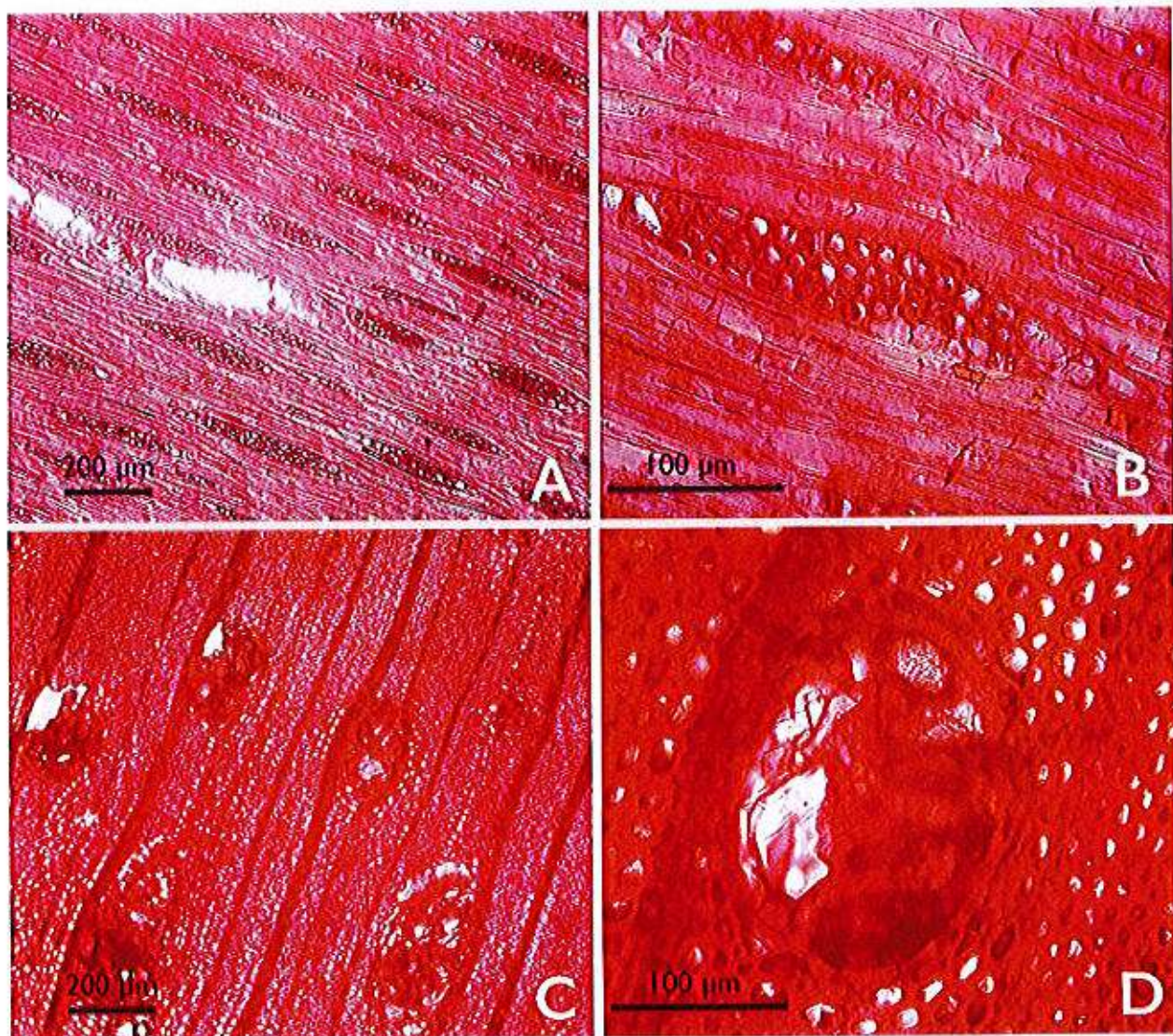
Elementos de Vasos: Se observaron 12 a 30 vasos por mm², con un diámetro de lumen en corte tangencial de 40 a 110 μm , de tipo múltiple en grupos de 2-3, 4-5 y solitarios (Figs. 1, 2C, 3E, 4C, 5C). Los elementos de los vasos son de sección redondeada a oval, con trayecto sinuoso de 400 μm de longitud, puntuaciones lenticulares simples y alternas, tabiques generalmente oblicuos y perforaciones simples de 30 a 70 μm de diámetro.

Fibras: Las fibras presentan 8 a 12 μm de diámetro (Fig. 2D) y 800 a 850 μm de longitud, de paredes gruesas, se disponen en forma apretadas y se distribuyen radialmente.

Radios parenquimáticos: Los radios son de trayecto sinuoso a la altura de los poros, se presentan en series de tres – triseriados o multiseriados; escasos bi y uniseriados (Figs. 1, 2A-B, 3A, 4C-D). Los radios multiseriados miden 40-45 μm de ancho y 100-480 μm de largo. Son homogéneos, de células radiales horizontales, muy raros acroheterogéneos. Los radios ocurren con una densidad de 6 a 8 por mm². Se pueden observar algunos radios leñosos fusionados longitudinalmente sin células erectas en la fusión.

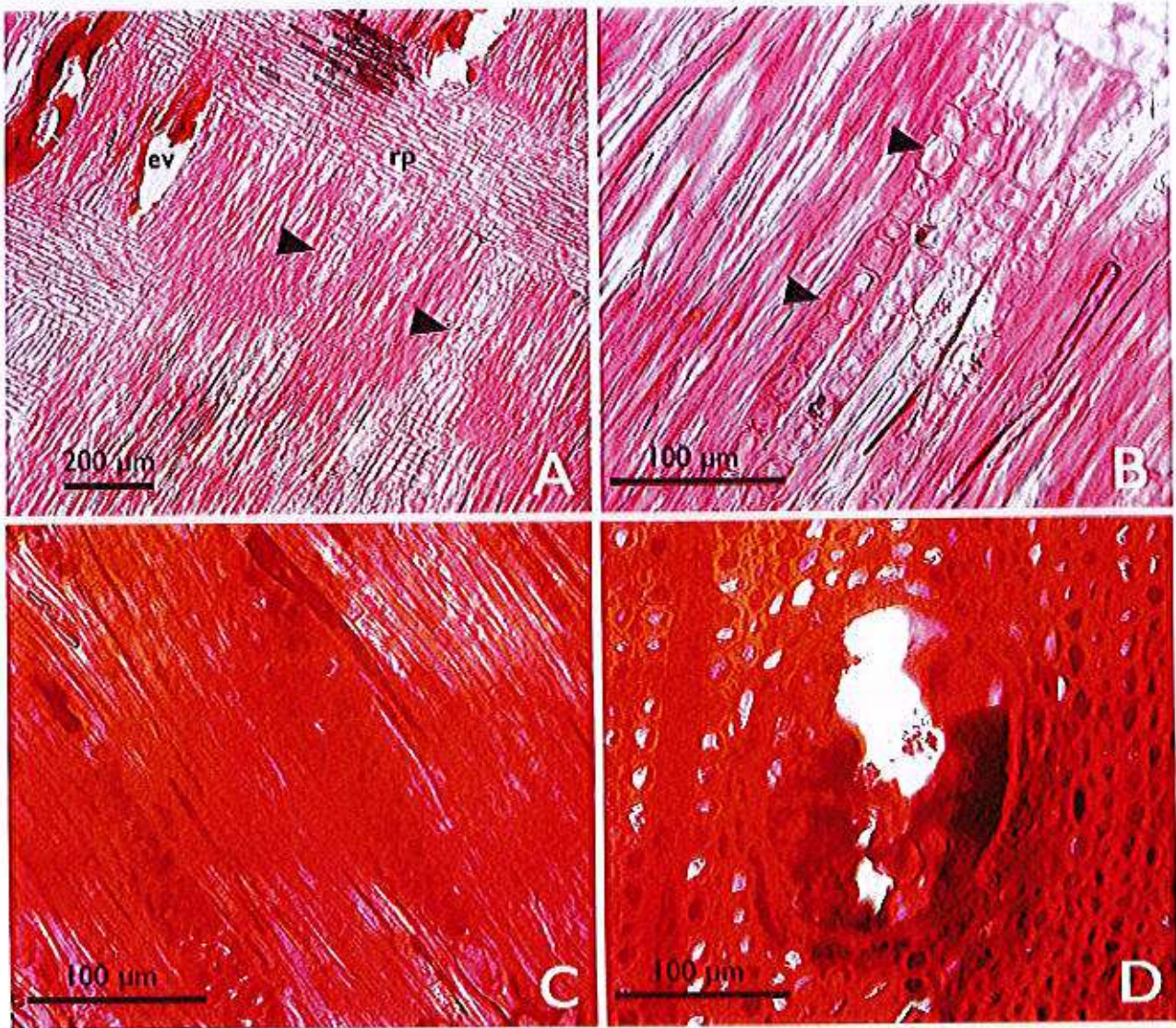
Parénquima axial: Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico de 1 a 7 células de espesor (Fig. 4F, 5D), con tendencia aliforme y vasicéntrico confluyente, sin formar bandas. Se expresa en células poligonales de 18 a 25 μm en sección longitudinal tangencial con extremos más o menos agudizados y subdivididos por tabiques transversales en compartimentos de 100 a 180 μm . Las paredes tienen canales de las puntuaciones visibles. Se detectó la presencia en todas las muestras de células parenquimáticas con cristales de oxalato de calcio (células cristalíferas) en forma solitaria y a veces en fajas tangenciales uniseriadas (Fig. 3A-B, 4B, 6B, 7A). En el corte longitudinal tangencial se nota que los cristales están ubicados entre las fibras leñosas y el parénquima leñoso. Las células cristalíferas son tabicadas formando series longitudinales, miden 30 μm de altura por 20 μm de ancho, otras son más pequeñas de 15 a 20 μm con 1 cristal por célula en sección radial.

Anillos de crecimiento: Los anillos de crecimiento son poco demarcados, se distinguen a nivel microscópico



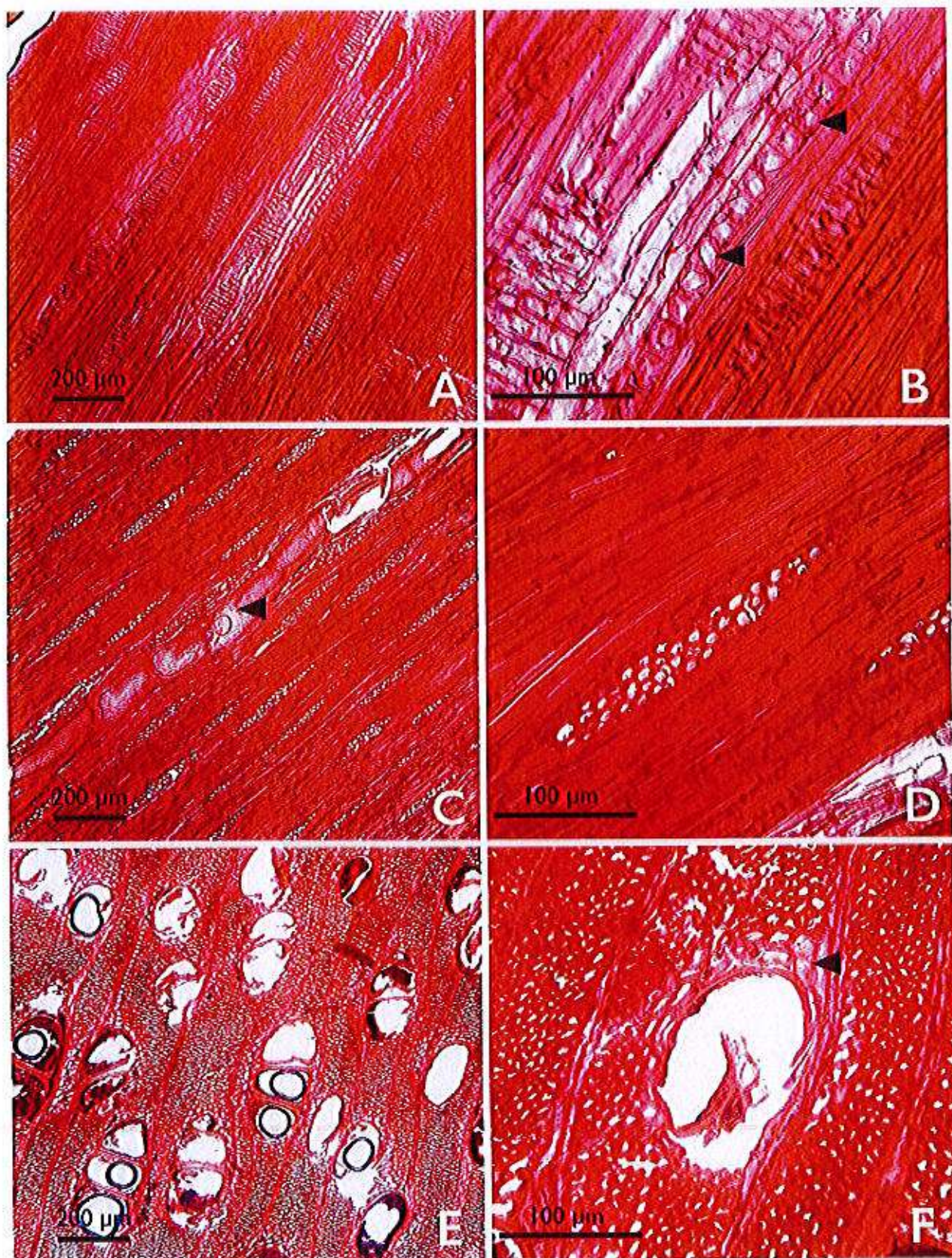
por una acumulación de fibras de paredes muy engrosadas y por una fina banda de parénquima marginal (Fig. 1).

Figura 2. Muestra 1. A. CLT, nótese la dominancia de las fibras. B. CLT, nótese la notable compactación de las fibras 2. C. CTR nótese los radios parenquimáticos delgados de trayecto sinuoso y los elementos de los vasos dispuestos en forma solitaria y grupal. D.



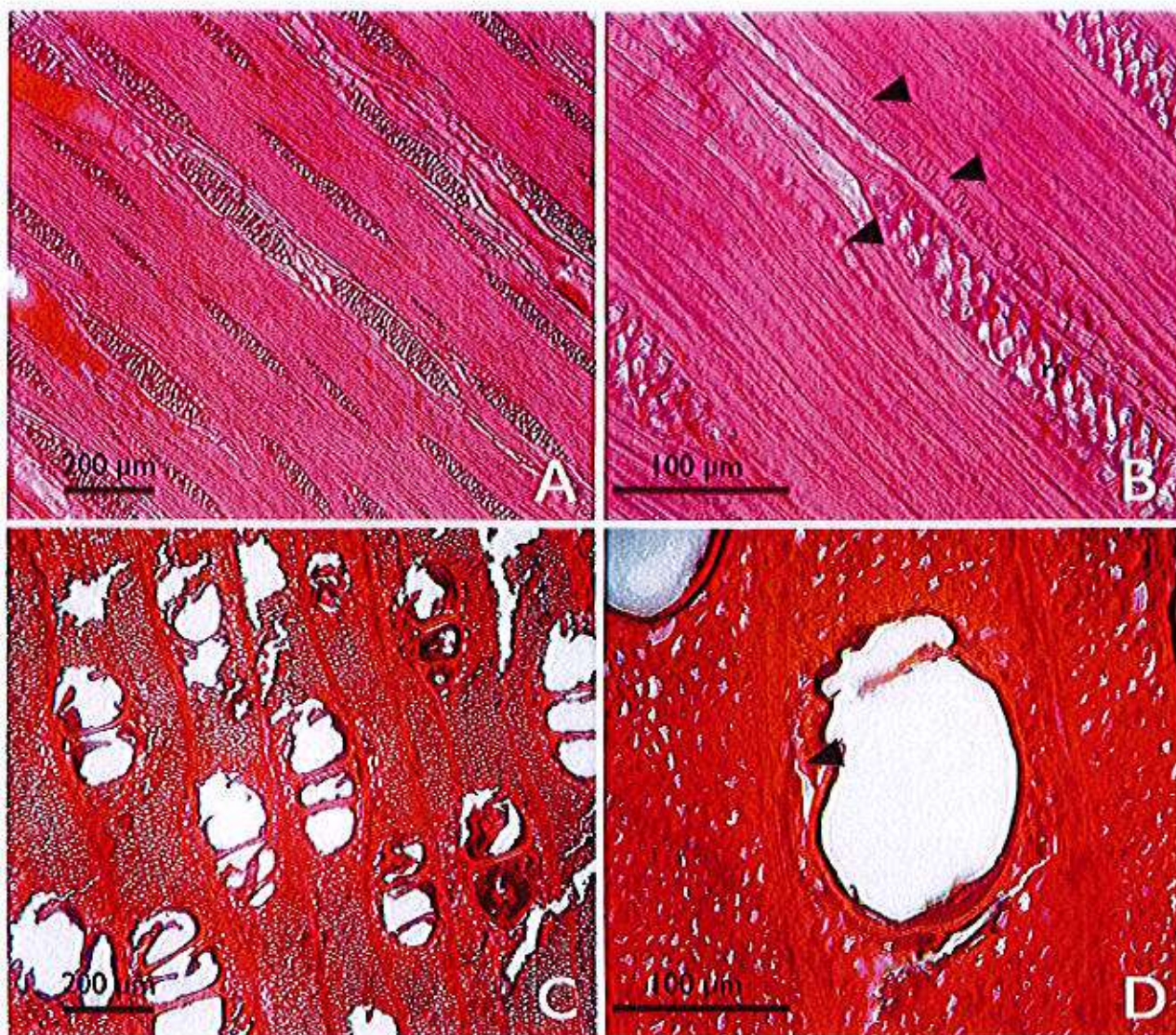
CTR, detalle de un elemento del vaso con tñides rodeado de fibras de paredes gruesas.

Figura 3. Muestra 2. A. CLR, las felchas indican células cristalíferas; ev: elemento del vaso; rp: radio parenquimático. B. CLR, detalle de



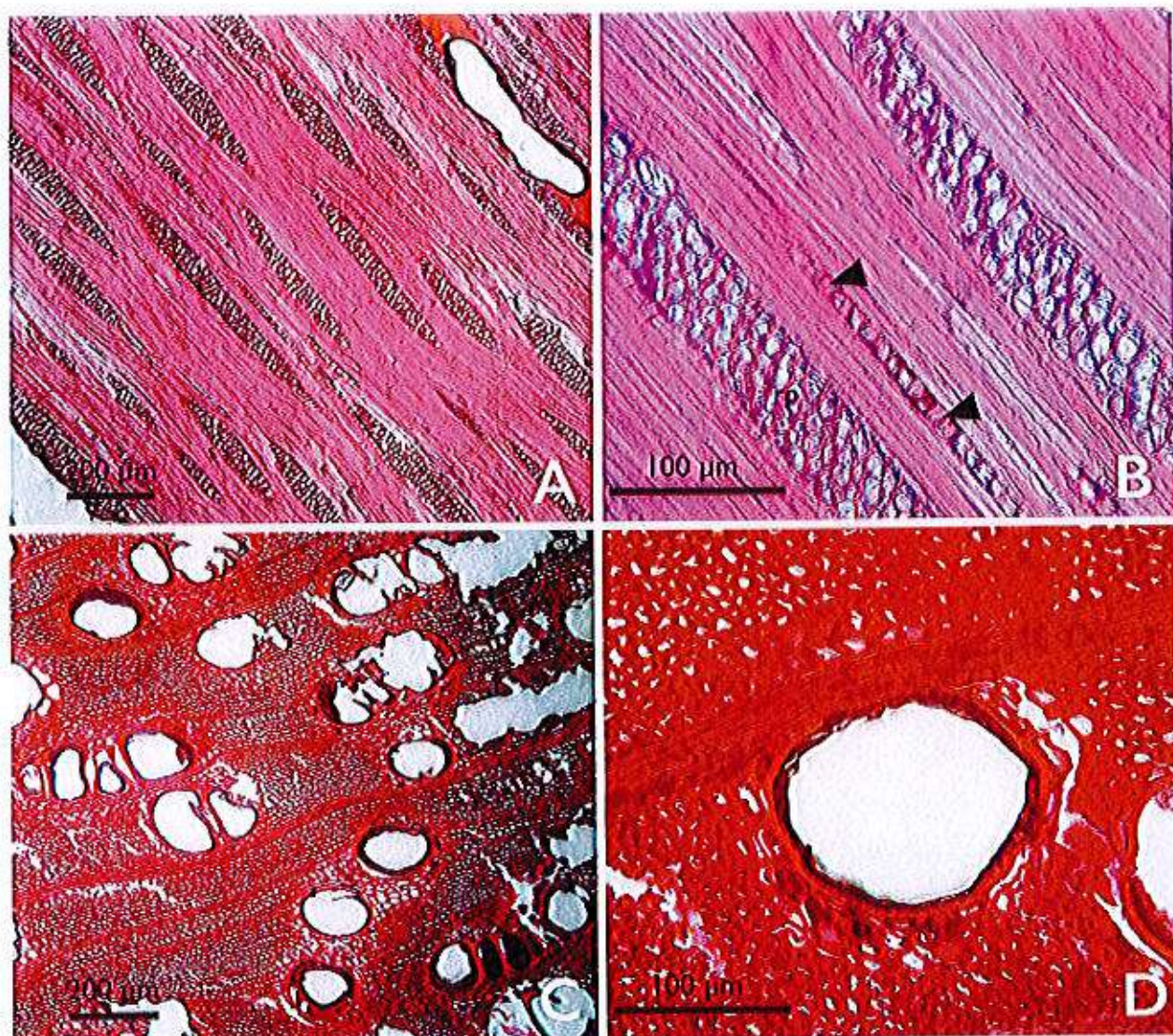
células cristalíferas (indicadas por flechas). C. CLT. D. CTR, detalle de un elemento del vaso con tilides y aceites rodeado de fibras de paredes gruesas.

Figura 4. Muestra 3. A. CLR. B. CLR, detalle de células cristalíferas (indicadas por flechas). C. CLT, la flecha indica elemento del vaso con puntuaciones. D. CLT, detalle de radio parenquimático. E. CTR, nótese los elementos de los vasos dispuestos en forma solitaria.

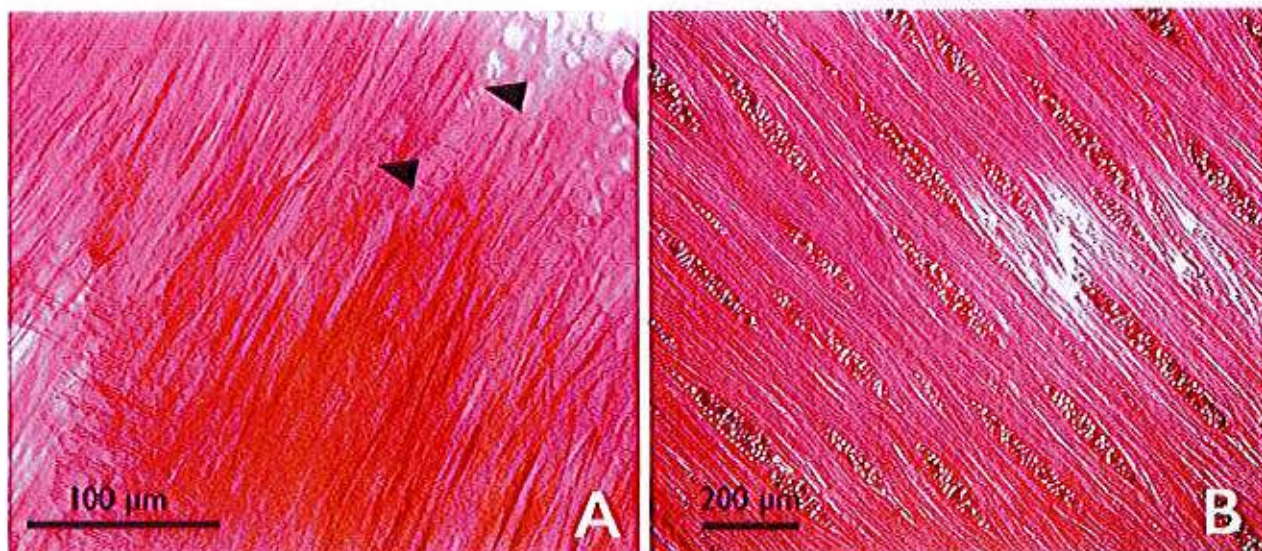


y en grupos de 2 y 3 elementos. F. CTR, detalle de un elemento del vaso con células parenquimáticas paratraqueales (flecha).

Figura 5. Muestra 4. A. CLT. B. CLT, detalle de células cristalíferas (indicadas por flechas); rp: rayo parenquimático. C. CTR, nótese



los elementos de los vasos dispuestos en forma solitaria y en grupos de 2 y 3 elementos. , D, CTR, detalle de un elemento del vaso con células parenquimáticas paratraqueales (flecha).
Figura 6. Muestra 5. A. CLT. B. CLT, detalle de células cristalíferas (indicadas por flechas); rp: radio parenquimático. C. CTR, nótese



los elementos de los vasos dispuestos en forma solitaria y en grupos de 2 y 3 elementos. D. CTR, detalle de un elemento del vaso.

Figura 7. Testigo 1. A. CLR, nótese la presencia de células cristalíferas. B. CLT,

Discusión y Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos luego de analizar las muestras y realizar su comparación con las muestras obtenidas de testigos de *Anadenanthera colubrina* y su contrastación con lo reportado en la literatura para esta especie (Tortorelli, 2009) concluimos que las muestras obtenidas del muelle de Colonia se corresponden efectivamente con madera de la misma especie y que las variaciones observadas caen dentro del rango de variación de la especie. La presencia de células cristalíferas respresenta un caracter diagnóstico para la especie

Litertura citada

Tortorelli, L.A. 2009. Maderas y Bosques Argentinos. 2 ed. Buenos Aires: Orientacion Gráfica Editora. 515p.

Informe Muelle de madera Colonia del Sacramento – Dirección Nacional de Hidrografía

1- Comentarios generales sobre comercialización de maderas duras/semiduras

Se consideran maderas duras a las que provienen de árboles de crecimiento lento, lo que hace que la madera sea más compacta, menos porosa y más resistente. En una palabra, más densa o más pesada. Hay diferentes métodos para clasificar en categorías las maderas en: Blandas, Semiduras, Duras o Muy duras. El presente Informe se enfoca en maderas Muy duras, que son de crecimiento lento, son las más pesadas y las que se comportan mejor en condiciones de Intemperie y sobre todo frente al ataque de hongos e Insectos.

Personalmente me dedico a trabajar con madera desde hace más de 14 años en Bolivia, departamento de Santa Cruz y en Paraguay, en varios departamentos, por lo que conozco la forma de trabajo en estos países y la paso a describir.

En los dos países se encuentran las mismas especies, unas provienen de monte bajo, del chaco paraguayo y las otras provienen de monte alto mato grosso. Estas diferencias en el crecimiento de los árboles son bastante importantes, ya que la misma especie de árboles tiene diferentes crecimientos fenotípicos según época de lluvia, cantidad de lluvia anual, tipo de suelos, etc., esto hace variar los tamaños de los árboles y por lo tanto la calidad de la madera.

A continuación se describe algunas diferencias en el manejo de las maderas bolivianas y paraguayas:

En Bolivia, la autoridad responsable de los controles de los manejos forestales es la ABT: Administración de Bosques y Tierras. Esta entidad ejerce un control muy estricto. Para la extracción de madera se realiza un censo con ingenieros de la ABT por parcelas y se contabiliza la cantidad de m³ que hay de cada especie y se marcan los árboles que se pueden talar. De esta forma se realiza el desmonte dejándose árboles en pie, llamados semilleros, que son los que van a hacer posible la continuación de la especie a lo largo de los años. Una vez que se cortan los árboles adultos autorizados por la ABT, se da lugar al crecimiento de árboles más pequeños que estaban debajo de los que se talaron, asegurándose la continuidad de la especie. Esto significa un manejo forestal sustentable ecológicamente.

En la parte comercial, luego de acopiar las troncas (acopiarlas en el monte), la ABT les asigna un código, que incluye las medidas de longitud, espesor de la parte más gruesa y de la parte más fina, además de los metros cúbicos reales. Esto se realiza con cada especie encontrada en el manejo. Las especies que no son comerciales se dejan en pie, no se cortan. De estas medidas de m³ la ABT libera un certificado forestal con el número de las troncas y éstas se transportan al aserradero. El mismo aserradero las contabiliza y son las que puede aserrar. Sin ese certificado forestal no se asierra madera porque tienen sanciones muy severas, económicas y judiciales.



Certificado Forestal de ejemplo (CEFOR 1)

La forma de trabajo descrita asegura un control real de la madera que estamos aserrando tanto en cantidades como en especies, no hay forma de cargar una madera por otra. Porque los certificados forestales van acompañando la madera desde el monte hasta que está sobre el camión en frontera. Si no coincide se decomisa la madera y el camión utilizado para el transporte de la misma.



Madera en rodeo con los números de ABI

En mi experiencia con Paraguay, hay buena madera de estas especies, pero no hay forma de llevar un control tan estricto como es el caso de Bolivia. Acá tenemos que tener mucho cuidado en el momento de comprar la madera, ya que recibimos el camión y a veces es muy difícil o imposible a simple vista saber si la madera que estamos comprando es la que nosotros realmente queremos. En el negocio de la madera dura, por lo general son maderas coloradas: Curupay, Quebracho, Ybyrapita, Curupayra, Urunday'pará, etc. Son todas maderas rojas al cortarlas pero tienen un comportamiento muy distinto en la práctica. Dentro de estas hay duras y semiduras. Hay algunas que funcionan correctamente a la intemperie y otras que no, sufren ataques de hongos, etc.

Otra gran diferencia es que Bolivia tiene muchísimas hectáreas de monte alto sin explotar, dentro del cual encontramos árboles más grandes. Por ejemplo el Curupay o Curupay, se empezó a comercializar en los últimos 10 años, lo que hace que tengamos árboles de muy buen espesor, y de buena calidad. En Paraguay esta madera es más delgada y se está explotando de forma muy desordenada desde hace muchos años. También la agricultura en zonas de madera se hizo muy fuerte habiendo enormes desmontes, por lo tanto hay menos calidad de madera, por esta razón se están importando de Paraguay maderas accesorias y muchas veces pasando otras maderas por Curupay con comportamientos pésimos degradando la calidad de dicha madera y resignando a los importadores a comercializar esta especie.

Como conclusión, por lo expresado anteriormente, recomendaría trabajar con madera procedente de Bolivia, para tener mayor certeza de la especie y calidad de la madera suministrada.

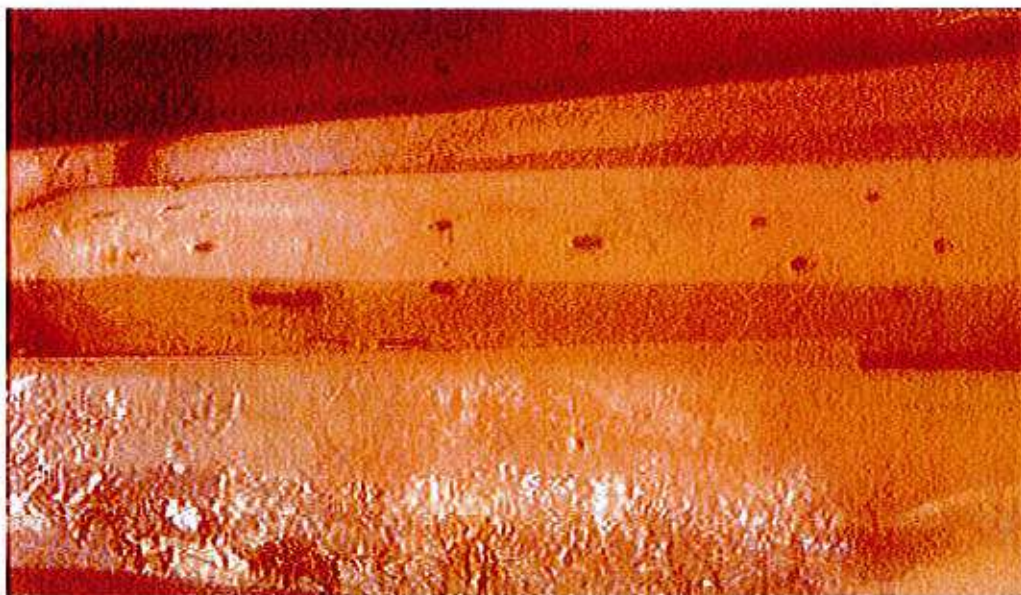
A continuación describiremos 3 especies de madera dura/muy dura que se comercializan y pueden llegar al Uruguay:

Quebracho colorado (*Schinopsis brasiliensis*)

Es una madera muy dura, tiene una densidad básica de 1.039 g/cm³. Si pasa a 12% de humedad la densidad es de 1.28 g/cm³.

Es una madera de color amarilla que después queda roja y al oxidarse queda de color gris, posee textura fina. El comportamiento de la madera al cortarla en aserradero es bastante dificultoso, ya que hay que cortarla muy lentamente y agregarle abundante agua a la hoja de la sierra, para que la misma no levante temperatura y quemé la madera. Es de las maderas más difíciles de aserrar con sierra sin fin y la que requiere mayor tiempo de trabajo. Todo esto hace aumentar los costos ya que los aserraderos cobran más porque el rendimiento por metro cúbico cortado es menor. O sea, se cortan menos m³ de madera por día que de otras especies.

Para la utilización en obras portuarias, se recomendaría utilizar esta madera en pilotes/pilares y vigas principales. Considero que es la madera más resistente y la que mejor se comporta en secciones de 6" x 6" - 8" x 8" - 10" x 10" ya que es totalmente impermeable al ataque de insectos y hongos luego de aserrada. A medida que pasa el tiempo de cortada va perdiendo humedad en forma natural y va quedando más impermeable. En la práctica esta madera sufre ataque de insectos cuando es cortada en el monte. En el lapso de tiempo en que la madera permanece acopiada en el monte a la espera de ser cargada, puede haber insectos que penetren en la madera entre la corteza y el sásmago. En ese lapso de tiempo el contenido de humedad es de 40% y la madera queda susceptible, es por eso que la puede atacar una isoca y le hace agujeros. (Ver Foto). Estos agujeros no son de preocupación para vigas, ya que no alteran la estructura de la pieza de la madera, mucho menos en estas secciones.



Orificios producidos por isocos que no generan ningún inconveniente

Curupau /Curupay (Anadenanthera Colubrina)

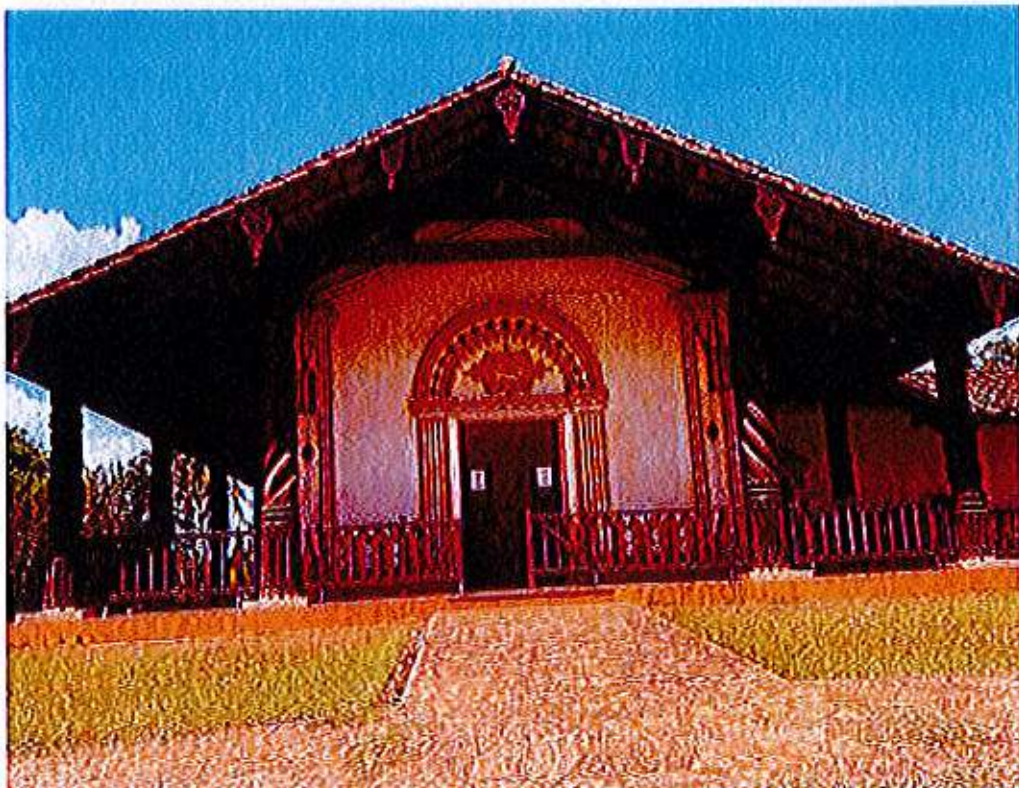
Es una madera que al cortarla tiene color rosado pálido, quedando roja, luego al oxidarse queda de color gris. El duramen es de color marrón oscuro vetado. La densidad básica es de 0.85 g/cm³ y en secado al 12% es de 1.03 g/cm³. Es difícil de trabajar una vez que está seca, es recomendable trabajarla cuanto más verde esté. Tiene problemas de rajaduras en determinadas secciones y puede sufrir torceduras. Es muy durable a la intemperie, incluso en contacto con el suelo. Es impermeable en operaciones de preservación.

Esta especie es ideal para tirantería de 2" – 3" de espesor y diferentes anchos. En vigas o pilares también tiene un buen comportamiento pero puede presentar problemas con el corazón, y a que las rajaduras se extiendan por dicha viga, pudiendo tener problemas estructurales.

En la tirantería es importante saber qué largo y qué secciones en espesor y ancho se van a utilizar y dónde y cómo se va a poner la pieza (apoyos) para obtener el mejor rendimiento de la pieza y que no tenga problemas en el tiempo.

Cuchi (Astronium urundeuva)

Es una madera que al cortarla tiene color amarillento a rojizo, pasa a ser rojo y luego se torna gris. Es de aserraje muy difícil por su dureza y de trabajabilidad difícil cuando la madera está seca. Es utilizada para postes, pilastras, tirantería, etc. y es ideal para condiciones acuáticas. Es impermeable en operaciones de preservación. Se recomienda tanto para tirantería como para pilotes, pilastras, en contacto con el suelo o con el agua. De esta madera hay bastante en Bolivia, se utiliza para postes principalmente. Es una madera más cara que las anteriores porque tiene un acabado mas fino para realizar trabajos en torno. La utilizaban los Jesuitas para la construcción de los pilares de las Iglesias, ver foto.



Iglesia de Concepción, Santa Cruz, Bolivia, con pilares y vigas de Cuchi

Construida por los Jesuitas

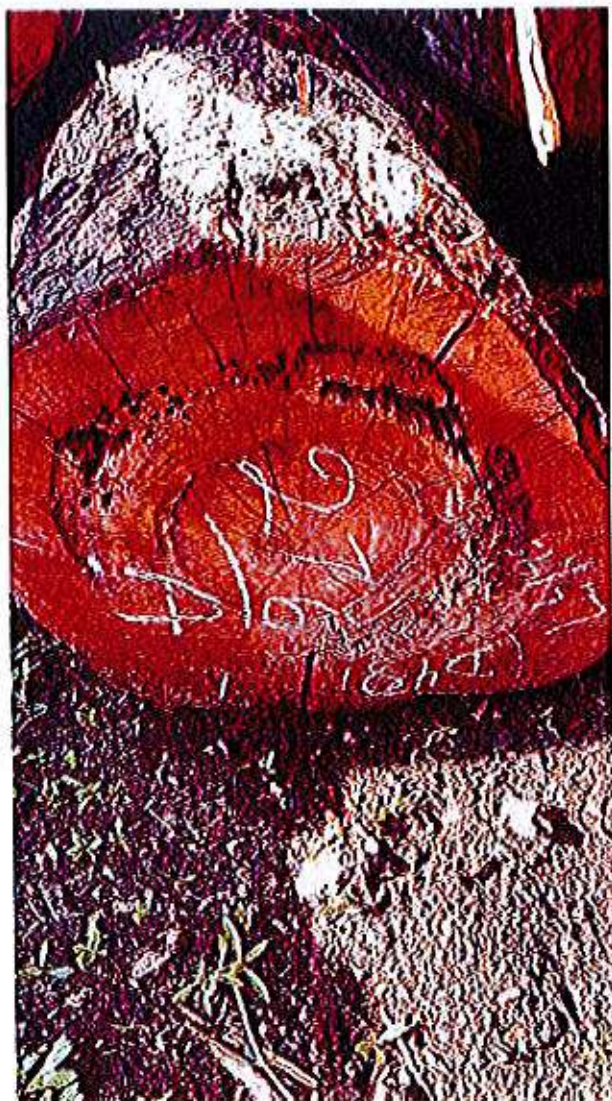
2- Muelle DNH Colonia del Sacramento.

Al observar el muelle de Colonia del Sacramento, nos encontramos madera que muy probablemente sea Curupay. Los problemas vistos en el muelle son esperables, no se observaron problemas generalizados, sino que vi piezas que puntualmente se han deteriorado más que otras.

Vi problemas de pudrición en algunas pocas piezas, en contacto con el agua y fuera del agua. Este problema no lo vi para nada generalizado y los motivos podrían ser los siguientes.

En las piezas de 10" x 10" con problemas de acorchamiento en el corazón, muchas veces la tronca cuando va al aserradero ya tiene parte del centro acorchado, sobre todo en los extremos (ver foto). A veces está en el corazón y no cubre más que 10 cm de diámetro y 10 o 20 cm de profundidad. Este problema es normal en la madera, y hay que ver si ese acorchamiento no llega a dimensiones muy grandes. Por lo general se utilizan las piezas enterrándose la parte problemática. De esta forma se soluciona el problema y no trae problemas a largo plazo. Otro problema es que la madera llega con sámago, el sámago es parte del tronco que está entre la corteza y el duramen. Esta parte es más blanda y puede sufrir ataque de hongos e insectos. EL sámago es algo que tenemos que saber trabajar. Las secciones muy grandes 10" x 10" o 3" x 10" o x 3" x 8" siempre algo de sámago van a tener. Esto es porque la madera al aserrarla no es perfectamente recta, entonces al pasar la madera

en la sierra sin fin y en piezas largas, es muy probable que algo de sámago va aparecer. Se sanea pero a veces los largos que precisamos o el ancho no permiten sacar estas piezas libres de sámago. La solución para las piezas que tienen sámago es tratar de ubicarlas en lugares donde no estén las condiciones propicias para los hongos, bacterias e insectos. Si vemos que una pieza tiene sámago o la enterramos en el caso de pilotes, o las ubicamos en lugares que no tengan contacto con el agua. Las piezas no tienen problemas estructurales por esto.



Corazón pasmado (acorchado)

El problema de las rajaduras en las pilastras es algo también esperable en madera de Curupay. Las secciones de 10"x10" se aserran corazón adentro, quiere decir que el corazón de la tronca no se toca. El corazón en el Curupay (como en otras maderas) es lo más resistente, pero lo que más se raja y llega a "explotar" si lo aserramos. El corazón en piezas grandes no siempre queda centrado, sino que está corrido hacia una cara. Hay que saber que por lo general la cara más cercana al corazón es la que va a tender a rajarse o agrietarse longitudinalmente. Sabiendo que esto es probable que pase, se recomienda, si es posible, tener la precaución de colocar la

pieza de forma que la fisura afecte lo menos posible estructuralmente (girar la pieza en caso de vigas, para que la fisura quede en un lateral). En el muelle hay vigas de esta sección rajadas a lo largo que están puestas al revés de lo recomendable y se ven los tirantes bastantes rajados. Hubiera sido recomendable colocarlas giradas 90°.

Respecto de los pilares/pilotes, hay algunos rajados, es normal pero no van a sufrir más apertura ni van a comprometer la estructura del muelle. Hay otros que tuvieron que ser reforzados con piezas metálicas, los cuales se ven realmente afectados. Por lo general al bajar del camión se ve que los pilares se van a rajar y la forma en que se raja, se logra ver en casi todos los casos unas "rayas" longitudinales sobre una cara de la pieza, y esta al secarse se abre.

En resumen, opino que el muelle de Colonia tiene muchas piezas de madera en muy buen estado, por lo que vería la forma de cambiar o reforzar solamente las piezas comprometidas, que son algunos pilares y algunos tirantes que están en contacto con el agua y el aire alternadamente. En esa zona se forman hongos que trabajan aeróbica y anaeróbicamente. Creo que no es necesario cambiar toda la madera ya que existe una gran cantidad de piezas en buen estado.

3- ¿Cómo solucionar esto para futuras obras?

Una opción podría ser cambiar la especie a utilizar en algunas piezas. En los pilotes utilizar Quebracho o Cuchi, madera que es mucho más pesada y más densa. Esta madera pierde menos agua con el tiempo, la va perdiendo lentamente por lo tanto la madera tiende a rajar menos. El corazón es más sano. La madera se puede agrietar con el tiempo pero no va a tender a rajarse como el curupay. Es una madera más noble. Económicamente, el suministro es aproximadamente 20% más caro respecto del Curupay, por la forma de aserrarse principalmente, también por encarecer los fletes, etc. También puede generar mayores costos al momento de trabajarla en obra, por su mayor dificultad para cortar y perforar, así como por necesitarse equipos de mayor capacidad de izaje para su manipulación.

Se recomienda revisar la fijación de tirantes horizontales o diagonales a los pilotes. El primer problema es que están abulonados muy en la punta de los tirantes, esto puede generar rajaduras en las piezas. Otro problema es que algunos pilotes reciben 3 bulones en la misma zona, lo cual los debilita. También muchas veces estos bulones son los que comienzan con el rajado de las piezas.

La madera que se utiliza para el piso del muelle, son tirantillos de 2" x 4" se ven en buena forma, recomendaría anclarlo con tornillos o bulones y no con clavos. Esto es porque la madera hace mucha fuerza y se pueden levantar de los tirantes que fueron clavados, también al martillar el curupay se puede rajar, es preferible utilizar taladro para clavar.

A tener en cuenta para acoplar madera:

Se recomienda pintarlas en los extremos, puede ser con Cola o con Parafina, esto es para que la madera recién cortada no pierda agua rápidamente ocasionando rajaduras no deseadas.

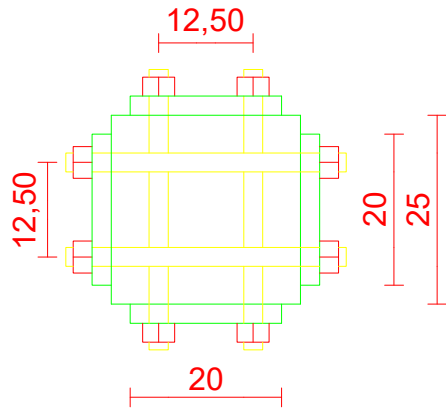
El acoplo de la madera es importante hacerlo ordenadamente, ya que las piezas de madera copian la superficie del suelo, al ponerlas unas arriba de otras tienden a curvarse si no están bien apiladas.

El lugar tiene que ser un lugar seco que corra aire así la madera va perdiendo contenido de agua en forma pareja. Si está a la intemperie se recomienda que no esté en contacto con el suelo directamente y poner una malla sombra. Si la madera se moja no hay problema si luego no le da el sol directamente. Hay que tratar de evitar altas temperaturas en lugares cerrados y el sol en forma directa. No tienen por qué estar separadas con algún separador.

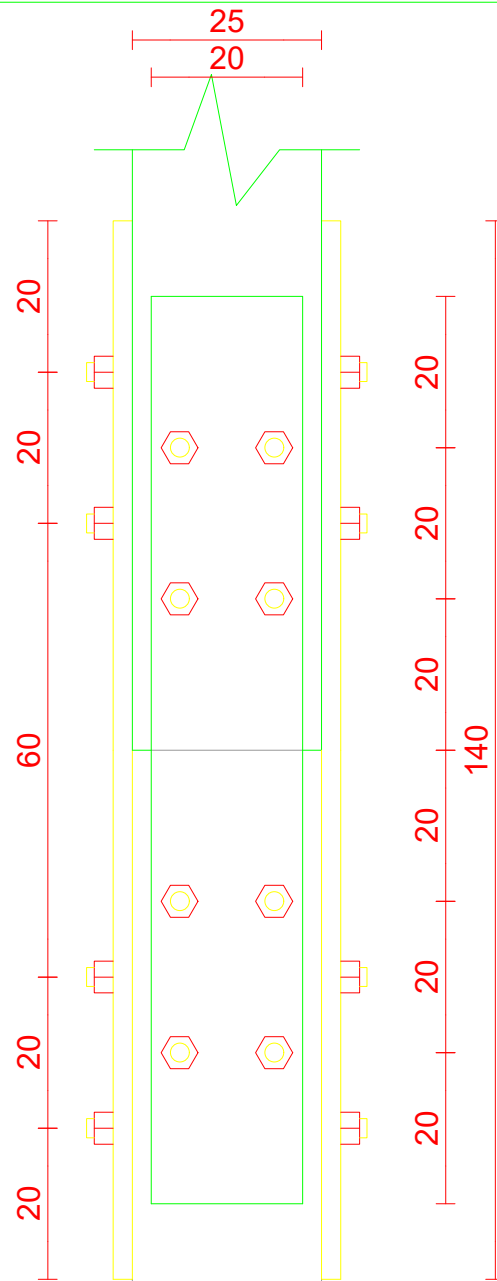
En el suministro de la madera es importante seguir los lineamientos detallados en las "Especificaciones Técnicas para el suministro de madera dura para construcciones náuticas" que hace DNH en cuanto a los nudos, rajaduras, etc. Sin embargo, no debe olvidarse que la madera proviene de un ser vivo y no de un proceso industrial, por lo que es posible que existan diferencias en cuanto a las deformaciones y otros aspectos que presente un espécimen y otro.

Firma

Gonzalo Gastelú

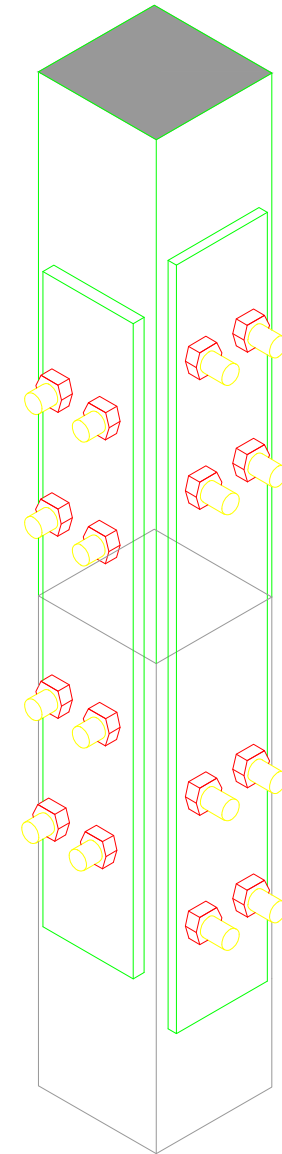


PLANTA
Esc. 1:10



VISTA FRONTAL
Esc. 1:10

Pilote existente | Pilote nuevo

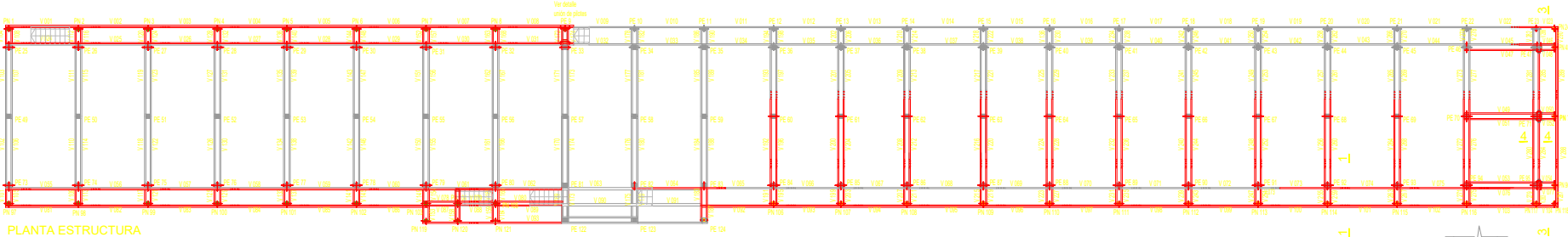
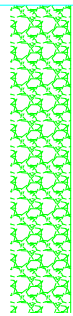


CROQUIS

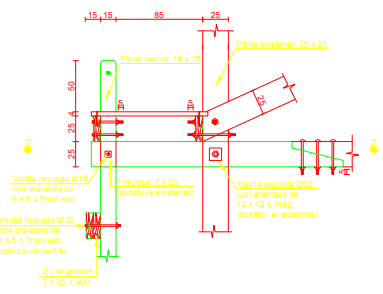
NOTAS:

- 1-Los bulones serán de Ø25mm.
- 2-Las medidas están dadas en centímetros.
- 3-En todos las tuercas se hará un punto de soldadura.
- 4-La chapa será de 1/2".

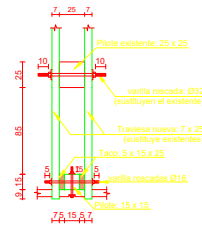
DETALLE UNIÓN PILOTE
EXISTENTE-PILOTE NUEVO



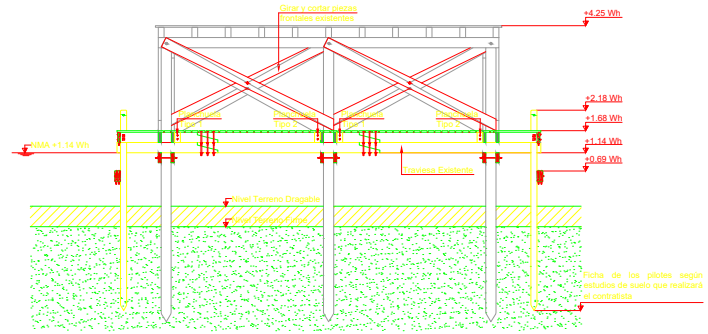
PLANTA ESTRUCTURAL
Esc: 1/100



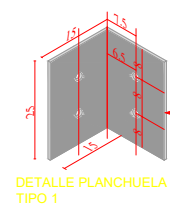
CORTE 1-1
Esc: 1/20



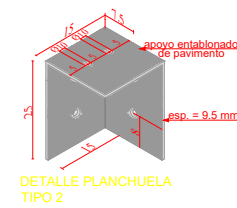
CORTE 2-2
Esc: 1/20



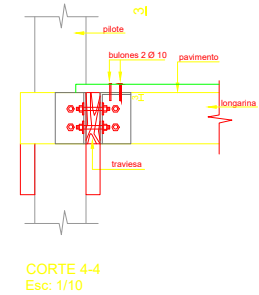
CORTE TRANSVERSAL 3-3
Esc: 1/50



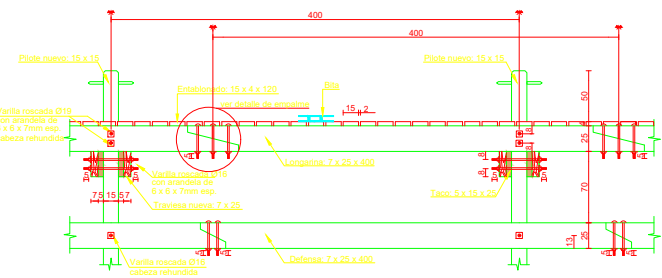
DETALLE PLANCHUELA
TIPO 1



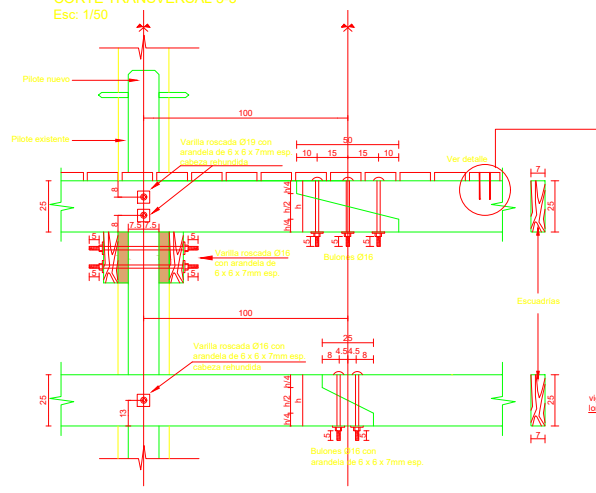
DETALLE PLANCHUELA
TIPO 2



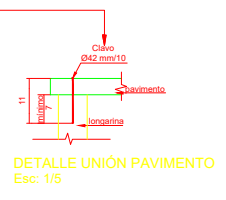
CORTE 4-4
Esc: 1/10



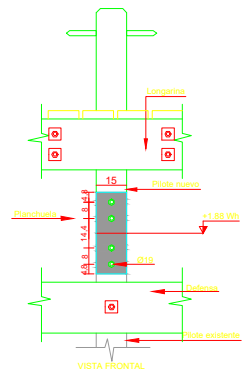
DETALLE
Esc: 1/20



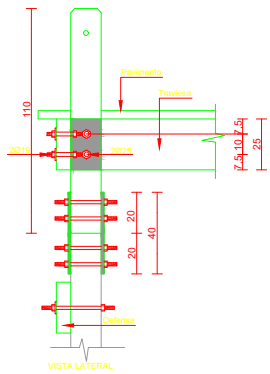
DETALLE DE EMPALME
Esc: 1/10



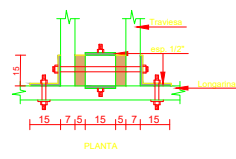
DETALLE UNIÓN PAVIMENTO
Esc: 1/5



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



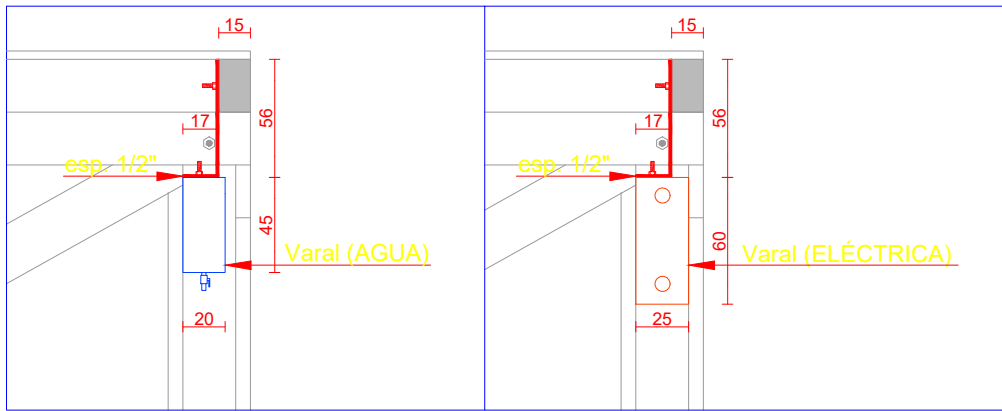
UNION PILEOTE NUEVO-PILEOTE VIEJO
Esc: 1/10



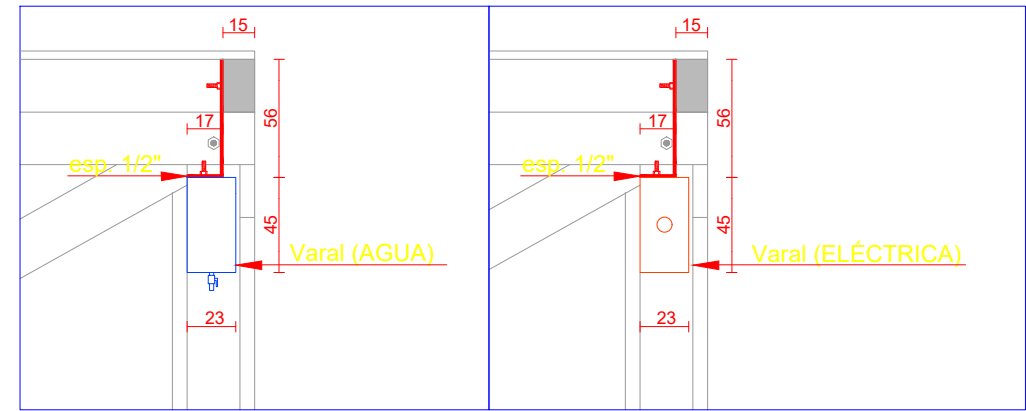
VISTA SUPERIOR (unión pavimento)
Esc: 1/10

NOTAS:
1- Las medidas están dadas en centímetros, salvo indicación contraria.
2- En todas las tuercas de los bolones, se le hará un punto de soldadura.

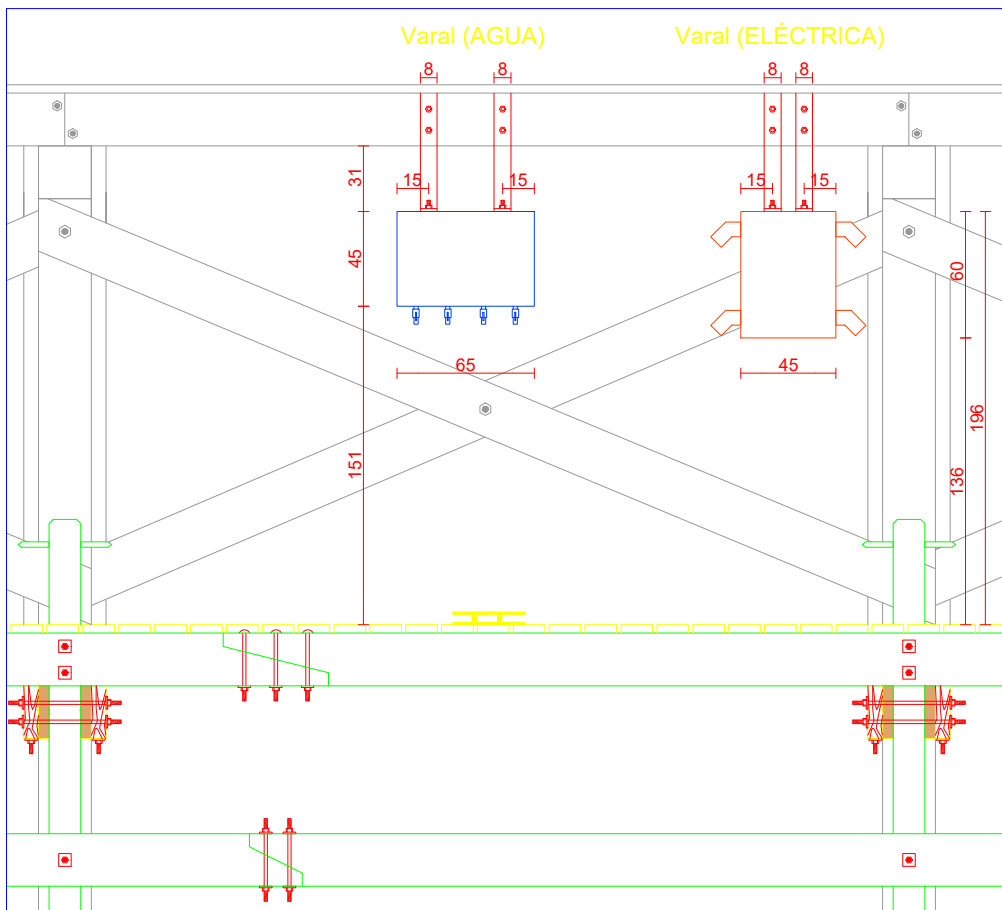
MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y OBRAS			
UBICACIÓN:	PUERTO DE YATES DE COLONIA		
OBRA:	REPARACION Y AMPLIACION DE MUELLE DE MADERA		
ESTRUCTURA Y DETALLES			
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y OBRAS			
DIRECTOR NACIONAL	Ing. Jorge Camaño	Ing. Daniel Ramos	Ing. Daniel Hasard
DIVISION PUERTOS	Ing. Fabio Buzo	Ing. Elena Ferreira	
	Ing. Carlos Colon	Ayda. Tico. Natalia Cabrera	Ayda. Tico. Sofia Pardo
FECHA: AGOSTO 2011	ESCALA:	PLANO:	4
ARCHIVO CAD:	VARIAS	CODIGO:	



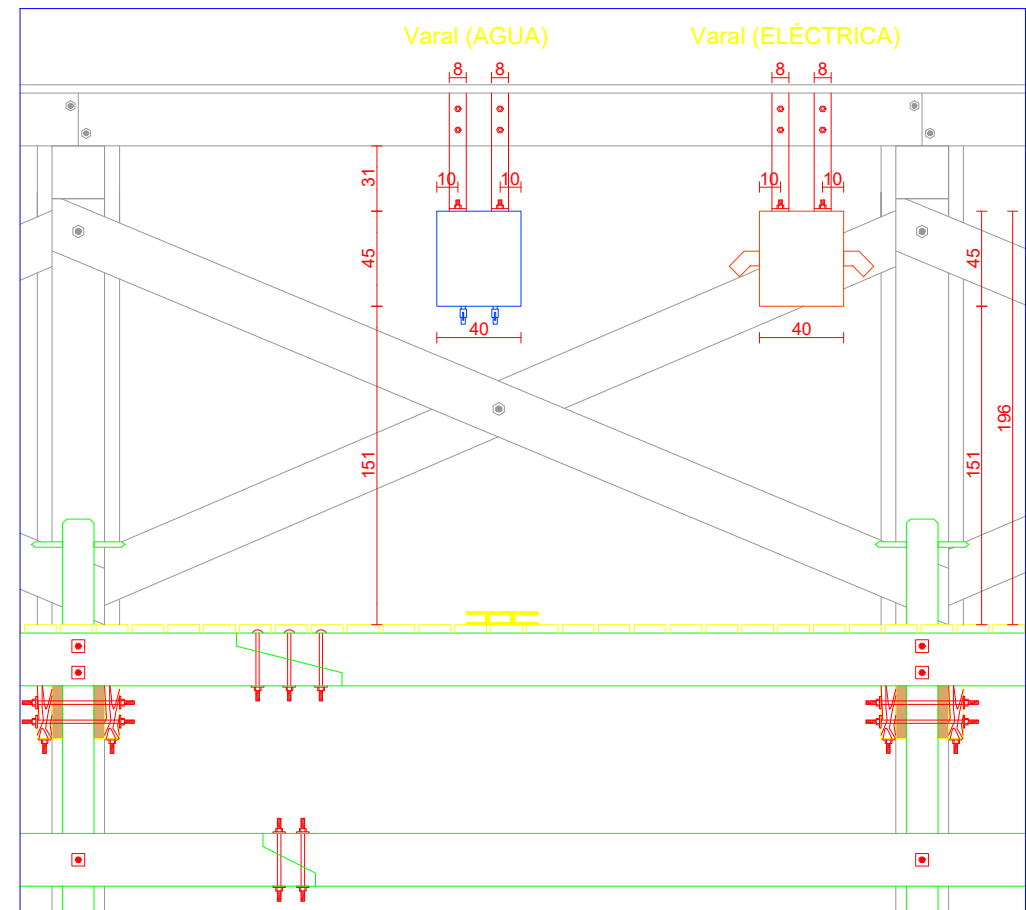
CORTE PARCIAL_esc: 1/25



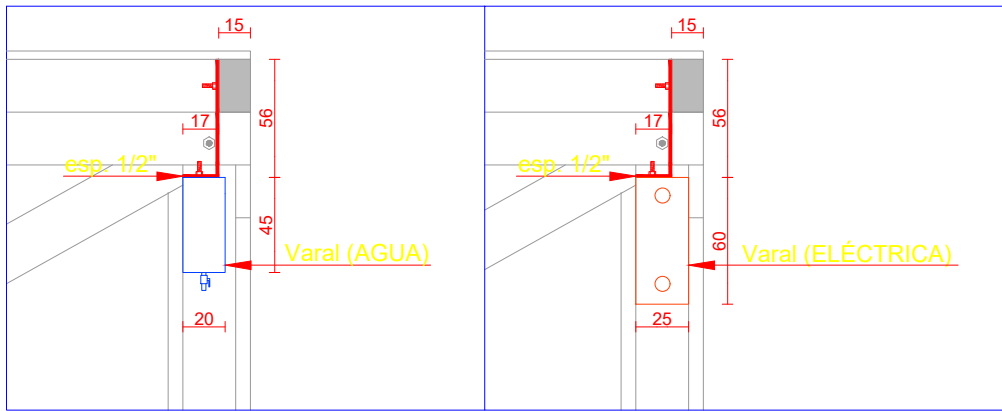
CORTE PARCIAL_esc: 1/25



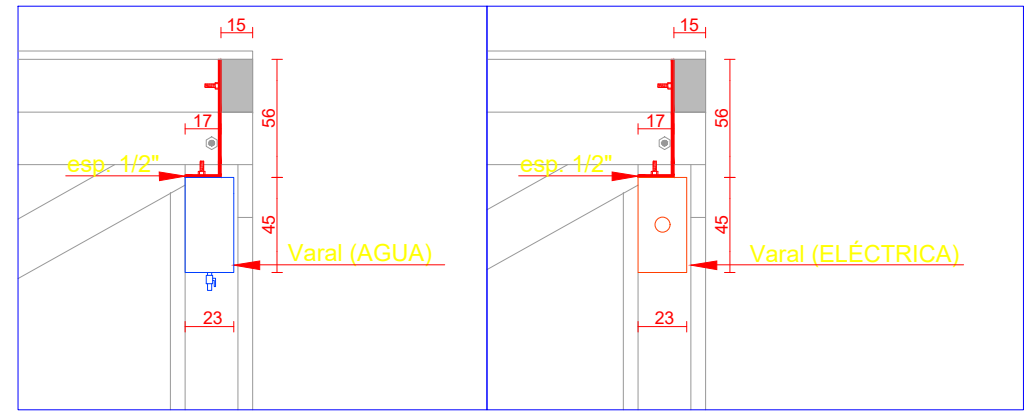
VISTA FRONTAL PARCIAL_esc: 1/25



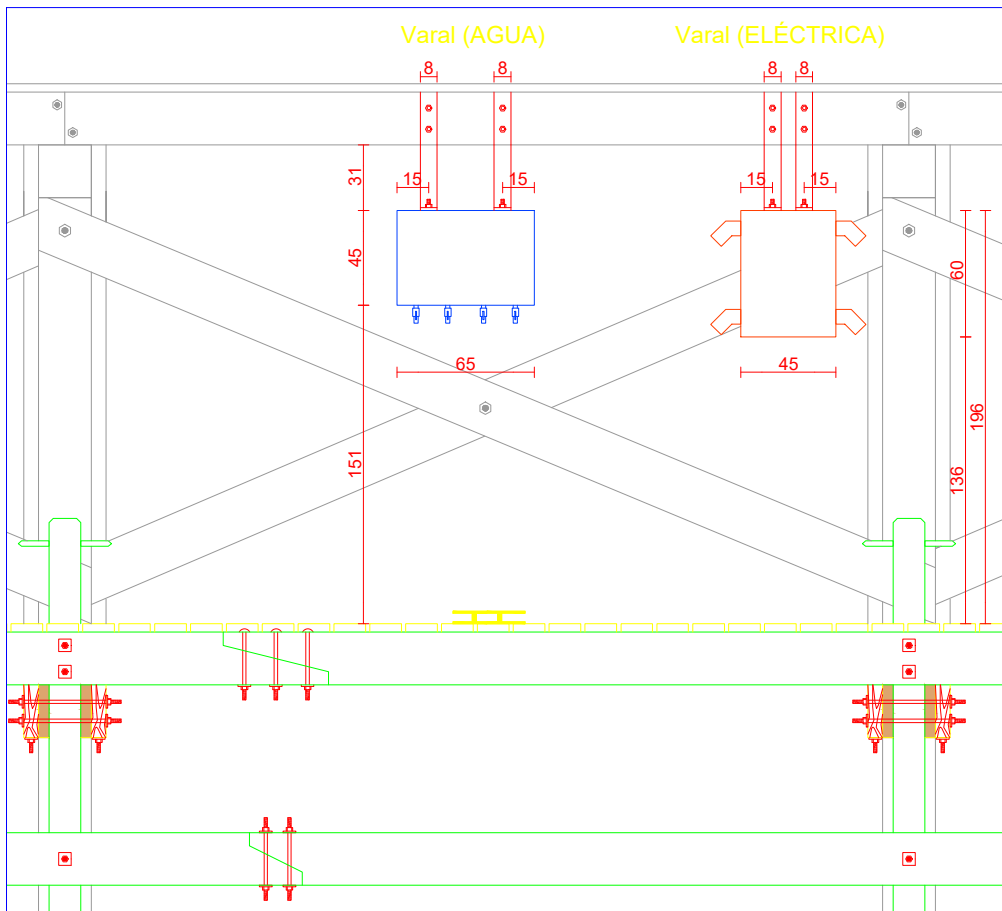
VISTA FRONTAL PARCIAL_esc: 1/25



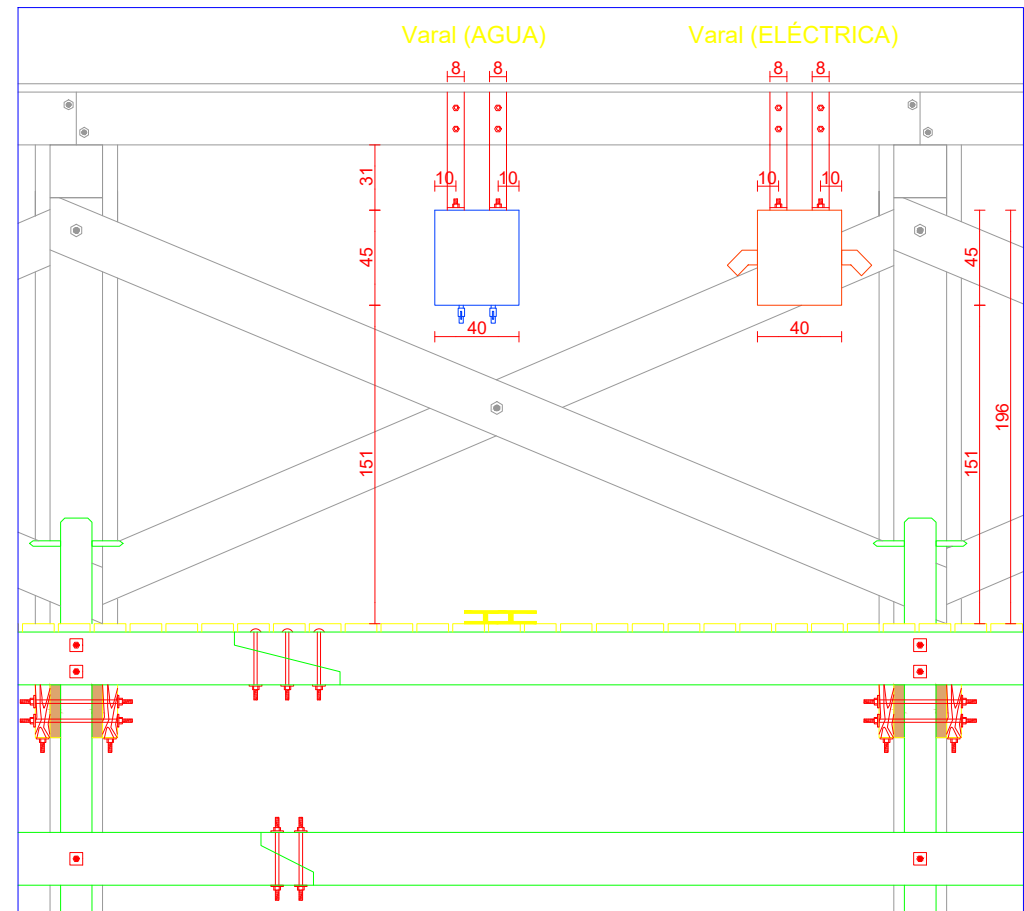
CORTE PARCIAL_esc: 1/25



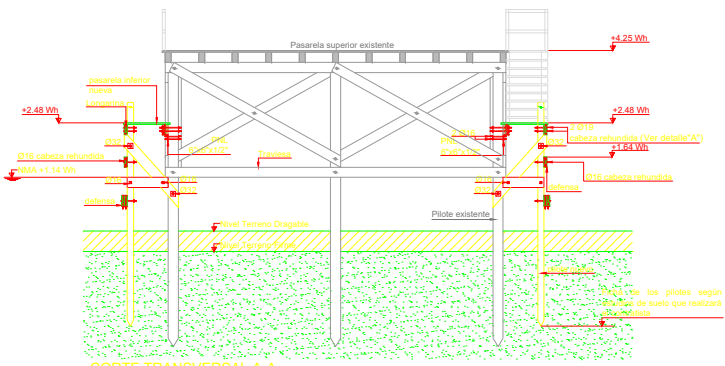
CORTE PARCIAL_esc: 1/25



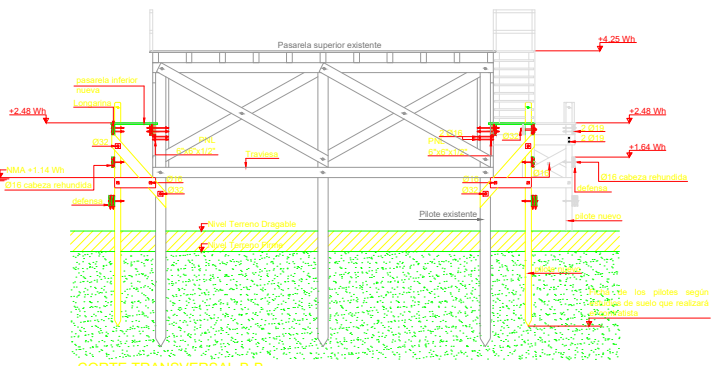
VISTA FRONTAL PARCIAL_esc: 1/25



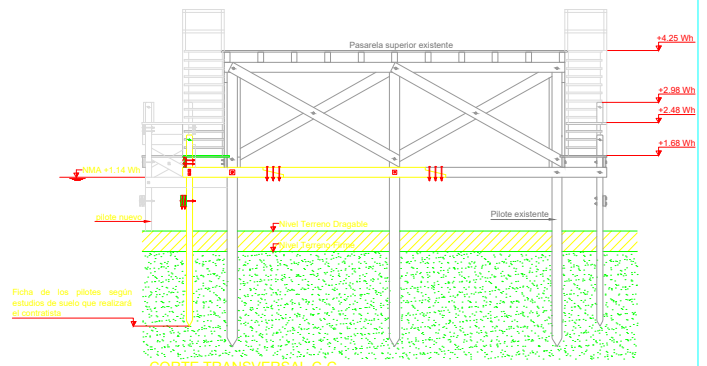
VISTA FRONTAL PARCIAL_esc: 1/25



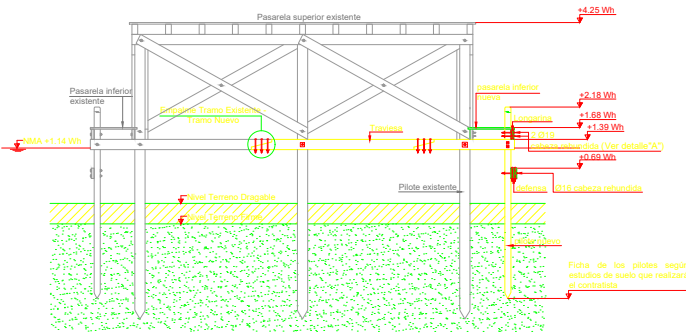
CORTE TRANSVERSAL A-A
Esc: 1/50



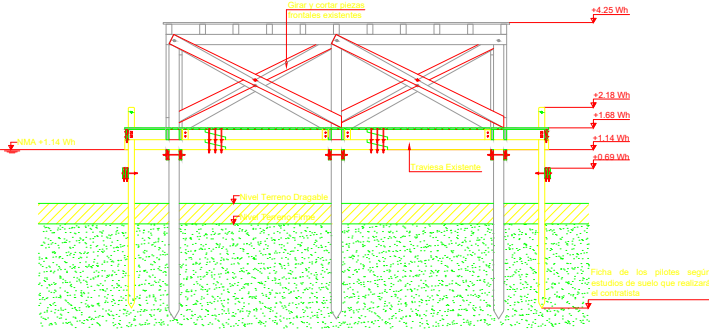
CORTE TRANSVERSAL B-B
Esc: 1/50



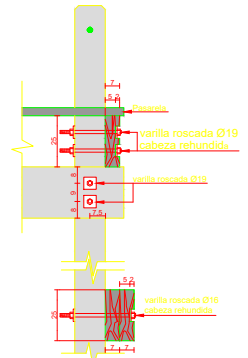
CORTE TRANSVERSAL C-C
Esc: 1/50



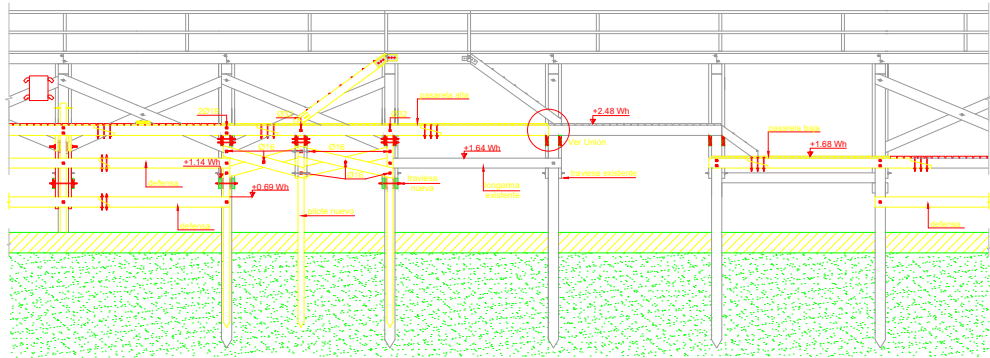
CORTE TRANSVERSAL D-D
Esc: 1/50



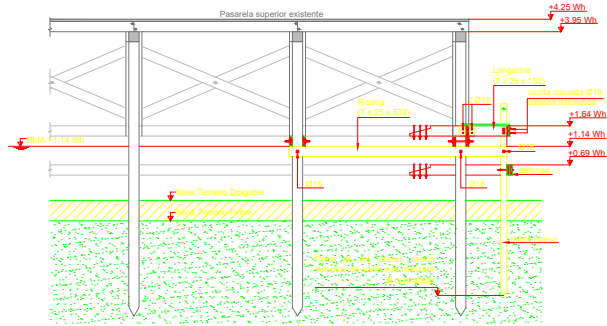
CORTE TRANSVERSAL E-E
Esc: 1/50



DETALLE "A"
Esc: 1/10



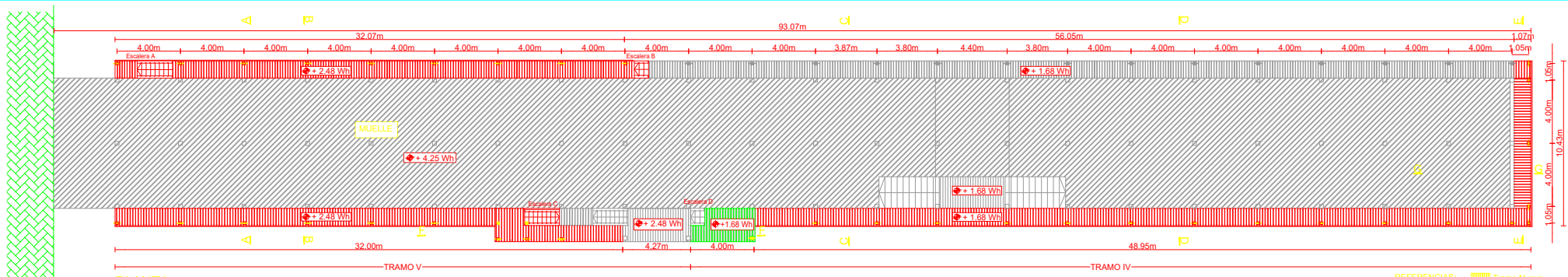
CORTE LONGITUDINAL F-F
Esc: 1/50



CORTE LONGITUDINAL G-G
Esc: 1/50

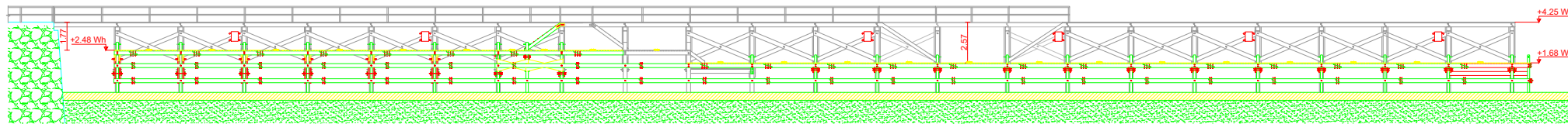
NOTAS:
1- Las medidas están dadas en centímetros, salvo indicación contraria.
2- En todas las tuercas de los bolones, se le hará un punto de soldadura.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS	
DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROGRAFÍA	
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y OBRAS	
UBICACIÓN: PUERTO DE YATES DE COLONIA	
OBRA: REPARACIÓN Y AMPLIACIÓN DE MUELLE DE MADERA	
CORTES	
DIRECTOR NACIONAL	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y OBRAS
Ing. Jorge Canaño	Ing. Daniel Ramos
DIVISIÓN PUERTOS	Ing. Daniel Hsairit
Ing. Fabio Buzo	Ing. Elena Ferreira
Ing. Carlos Colom	Ayde. Téc. Natalia Cabrera
Ing. Carlos Colom	Ayde. Téc. Sofía Paredone
FECHA: AGOSTO 2011	ESCALA: VARIAS
ARCHIVO CAD:	PLANO N° 3

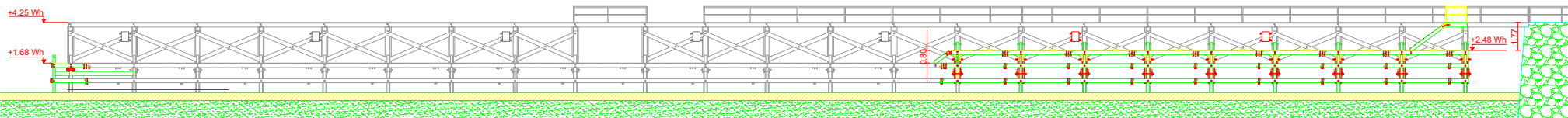


PLANTA
Esc: 1/100

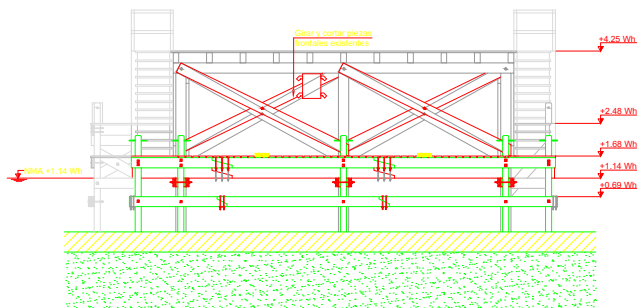
REFERENCIAS:
 Tramo Nuevo
 Tramo a subir nivel
 Tramo Existente



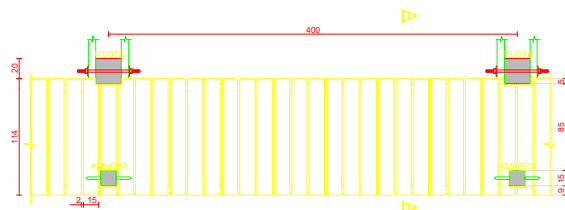
FACHADA LATERAL ESTE
Esc: 1/100



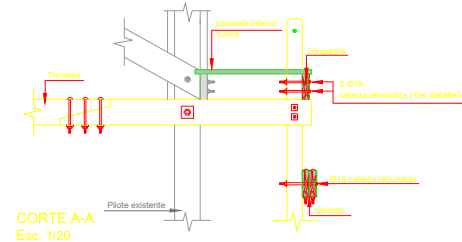
FACHADA LATERAL OESTE
Esc: 1/100



FACHADA FRONTAL NORTE
Esc: 1/50



PLANTA PASARELA
Esc: 1/20

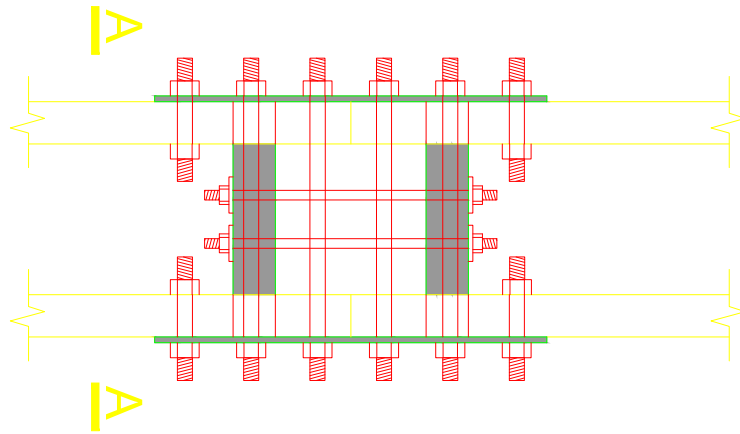


CORTE A-A
Esc: 1/20

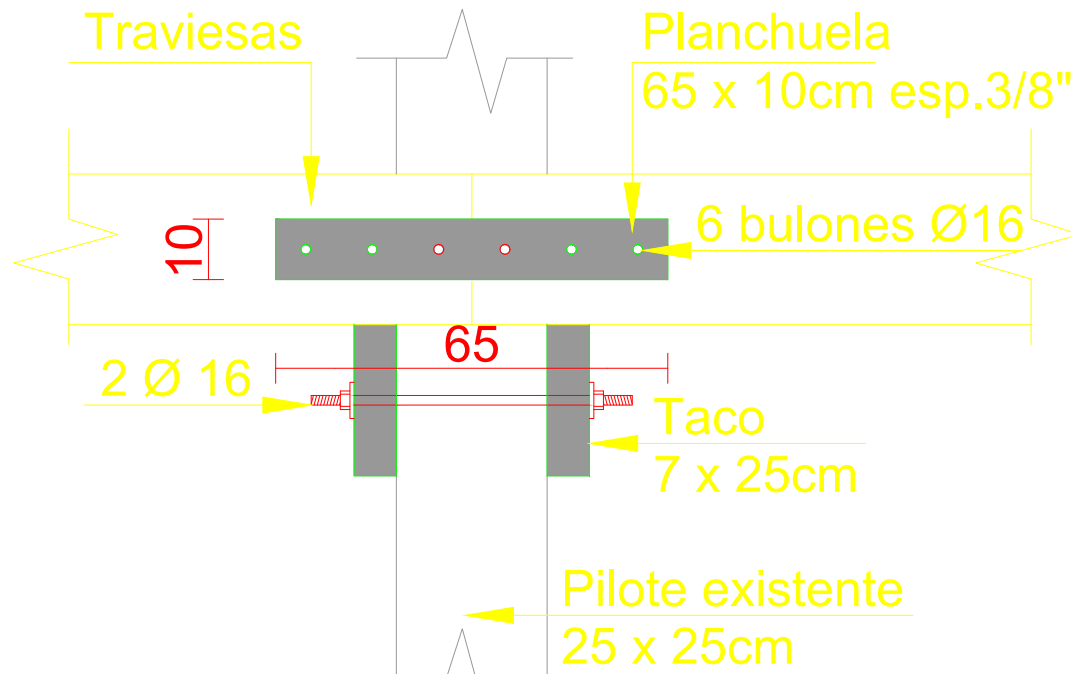
NOTAS:
 1- Las medidas están dadas en centímetros, salvo indicación contraria.
 2- En todas las tuercas de los bolones, se le hará un punto de soldadura.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS	
DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROGRAFÍA	
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y OBRAS	
UBICACIÓN: PUERTO DE YATES DE COLONIA	
OBRA: REPARACIÓN Y AMPLIACIÓN DE MUELLE DE MADERA	
PLANTA Y FACHADAS	
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y OBRAS	
DIRECTOR NACIONAL	Ing. Jorge Canaño
DIVISIÓN PUERTOS	Ing. Daniel Ramos
	Ing. Fabio Buzo
	Ing. Elena Ferreira
	Ing. Carlos Colom
	Ayde. Téc. Natalia Cabrera
	Ayde. Téc. Sofía Paredone
FECHA: AGOSTO 2011	ESCALA: VARIAS
ARCHIVO CAD:	CÓDIGO: PLANO N° 2

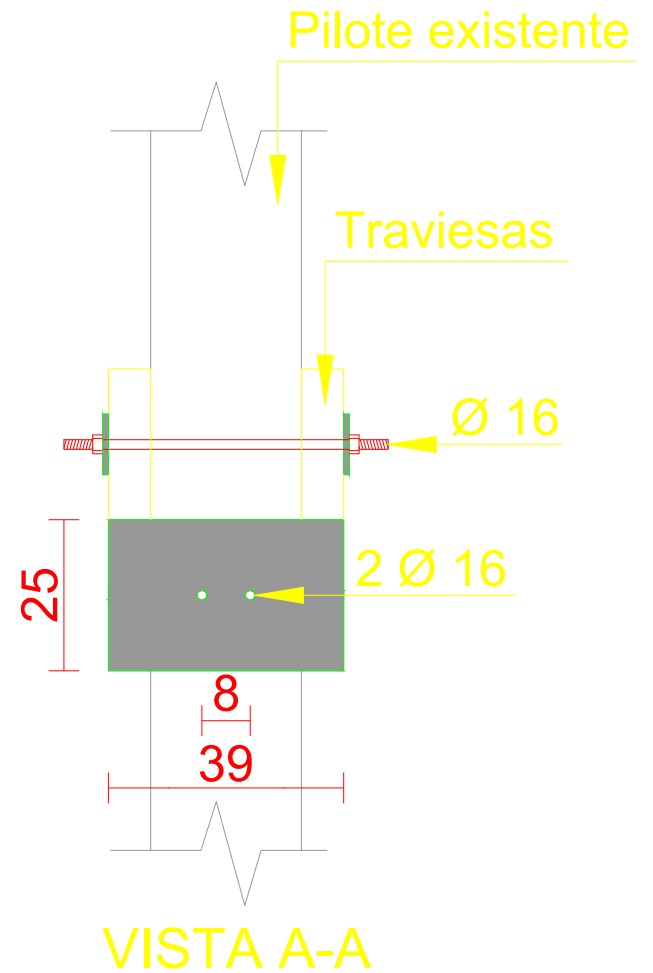
REFUERZO DE TRAVIESAS



VISTA EN PLANTA



VISTA FRONTAL



VISTA A-A