

## NUEVAS APLICACIONES EN

# HORMIGÓN RODILLADO

El sistema, habitualmente utilizado en la construcción de presas, cuenta con un interesante potencial en la ejecución de múltiples obras menores presentando ventajas como la reducción de plazo y costos.

LUIS PINILLA BAÑADOS  
INGENIERO CIVIL, UNIVERSIDAD DE CHILE

**E**L HORMIGÓN RODILLADO (HCR) se ha convertido en un sistema de construcción importante desde los años '80, cuando se inició su aplicación en la ejecución de presas. Se dosifica y mezcla en la misma forma que un hormigón convencional pero con muy poco agua, entregando una apariencia de gravas húmedas durante el transporte, descarga y compactación.

Se transporta, coloca y compacta con técnicas propias de terraplenes. Esto significa que se logran rendimientos propios de los movimientos de tierra y que requiere dosis de cementos muy bajas. Compactadas mediante rodillos o placas vibratorias, las mezclas alcanzan densidades mayores a las de un hormigón vibrado tradicional.

### HCR en presas

En la construcción de presas de hormigón, el HCR permitió rebajar los costos casi a la mitad y reducir los plazos a casi un tercio en comparación con presas de hormigón tradicional. Con esta técnica, las presas se construyen en una fracción del tiempo empleado para ejecutar las de tierra. Con el HCR, las presas gravitacionales de hormigón resultan competitivas.

En las presas de hormigón tradicional, éste se colocaba mediante baldes (capachos) trasladado por grúas o cable rieles, y se compactaba por vibración interna. El proceso se tornaba relativamente lento y costoso. El ritmo de construcción era fijado por el sistema de transporte, la compactación y los trabajos de instalación de moldes.

En el HCR, el hormigón se transporta en camiones tolva, se esparce con tractores y se compacta con rodillos vibratorios. El avance de la faena lo determina la planta dosificadora y mezcladora, y no el transporte, el esparcido y la compactación. La cantidad de moldes se reduce a un tercio, simplificándose de manera importante y disminuyendo los costos.

Para presas de gran tamaño se ha generalizado, tanto para el hormigón tradicional y el rodillado, el transporte con cintas transportadoras. En ese caso, en el tradicional resulta crítica la compactación y los trabajos en los moldes, y además se requiere la refrigeración de la masa, una faena costosa y lenta. En cambio, en el HCR no se precisa refrigeración debido a las bajas dosis de cemento.

En nuestro país se construyeron con HCR las presas Pangué y Ralco en el río Bío Bío. Se está iniciando la ejecución de la presa auxiliar de Convento Viejo (MOPT) y de la presa de cola del embalse Mauro (Minera Los Pelambres). En base a estas experiencias se han generalizado las siguientes visiones:

El HCR sólo presenta ventajas en grandes masas de hormigón.

Su aplicación requiere equipos e instalaciones especiales no habituales en la construcción de obras de pequeñas dimensiones.

La primera premisa no resulta acertada según lo observado en la figura 1, donde estadísticas estadounidenses comparan los costos de hormigón tradicional y rodillado en presas de diferentes tamaños. Se aprecia que el porcentaje de reducción del costo disminuye al aumentar el volumen de la presa.

En cuanto al segundo punto relacionado con equipos e instalaciones, se deben considerar los siguientes elementos:

Todas las mezcladoras de hormigón tradicional sirven para fabricar HCR, incluyendo las pequeñas betoneras propias de labores domésticas, las mezcladoras y los camiones revolventes (transit mixers).

La mezcla se puede transportar en cualquier equipo de transporte de tierra como carretillas, pequeñas volquetas, camiones tolva, cintas transportadoras, cargadores frontales y canoas, entre otros.

Se puede compactar con equipos de cualquier tamaño como las placas vibratorias, los pisones manuales, los rodillos manuales y los vibratorios lisos de cualquier tamaño.

Los áridos resultan idénticos a los empleados en hormigones tradicionales. Incluso, para obras pequeñas se pueden rebajar las exigen-

## SISTEMA PARA INSTALACION DE PISOS VINILICOS TECNICOS

cias en cuanto a contenido de finos y variabilidad, utilizando con éxito materiales naturales sin clasificación.

En las grandes masas de HCR para controlar la trabajabilidad y las densidades de los hormigones, se usan equipos de laboratorio especiales de bajo costo. En obras pequeñas se pueden utilizar los mismos equipos de control de densidades de los terraplenes (Proctor y densidades en sitio mediante sustitución con arena, entre otros).

Considerando estos aspectos, se demuestra que en toda obra de hormigón sin armar se puede emplear HCR con ventajas importantes como se exhibe en los siguientes ejemplos.

### Muro de contención de suelos

En un camino que se construyó en la ladera de un cerro, la mayor parte del trazado se hizo con una plataforma en corte. En un sector de unos 75 metros de largo, se requirió de un terraplén apoyado en un muro de sostenimiento. En la figura 2 se muestra un perfil longitudinal del muro, la altura máxima es de unos 6 metros.

El muro de sostenimiento se diseñó tipo cantilever en hormigón armado. Una alternativa representa un muro gravitacional de hormigón. En la figura 3 se muestran ambos diseños.

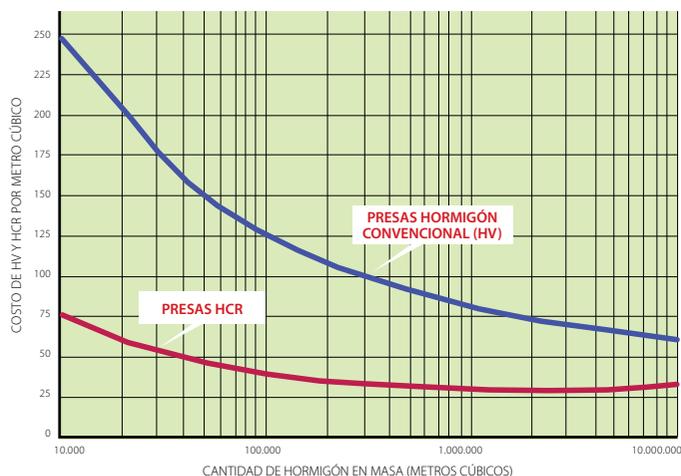
En la figura 4 se describe el método de construcción del muro gravitacional empleando hormigón rodillado. Se debe destacar que se ejecuta en forma simultánea el muro de sostenimiento y el terraplén con los mismos equipos de compactación. Para la colocación del hormigón se ocupa idéntico acceso que para el terraplén. Los moldes resultan más livianos y se requieren sólo en una cara.

En la figura 5 se muestra el programa de construcción de ambas alternativas de muros. Al emplear HCR se reduce de 55 a 28 días el plazo de construcción del conjunto muro-terraplén. En el cuadro 1 se aprecia el presupuesto de ambas alternativas.

### Obra de toma canal de riego

En la figura 6 se muestra el diseño de una obra de toma para un canal de riego, ubicada en el fondo de una quebrada con un régimen hídrico que sólo permite trabajar en invierno cuando no se requieren caudales para riego. Esta variable hace que las ataguías y faenas provisionarias de manejo de los caudales de la quebrada sean importantes, así como los riesgos de pérdidas por inundaciones. Es-

FIGURA 1. COSTO DE PRESAS DE HCR Y HORMIGÓN VIBRADO (HV)



**Paso 1** Thomsit Vinilico, adhesivo libre de solventes, de alto agarre inicial y adecuado para pisos calefaccionados.

**Paso 2** Thomsit DA, autonivelante cementicio, resistente, fraguado en 48 hrs. Ideal para vinílicos, alfombras y pisos flotantes.

**Paso 3** Thomsit Imprimador, matapolvo libre de solventes para el tratamiento de pisos de hormigón absorbentes y sobrelasas.

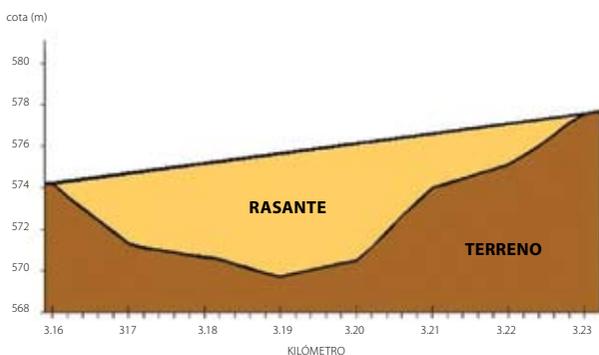
Solicite demostración en terreno

Henkel Calidad para Profesionales

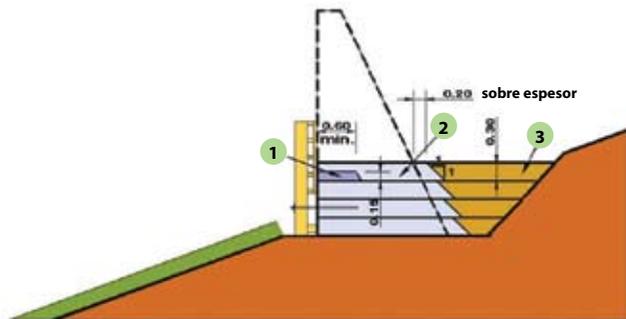
www.thomsit.cl • www.henkel.cl

SERVICIO AL CONSUMIDOR  
800-223-005  
ASISTENCIA TÉCNICA

**FIGURA 2. MURO DE CONTENCIÓN: PERFIL LONGITUDINAL  
KM 3.16-3.23**



**FIGURA 4. MURO GRAVITACIONAL HCR  
SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN**



1. Colocación 15 cm. HCR compactado con placa vibratoria junto al molde.
2. Colocación saldo capa 30 cm. HCR con sobre ancho de 20 cm.
3. Colocación suelo relleno capa 30 cm.
4. Compactación: placa junto al molde, saldo con rodillo vibratorio liso.

tos costos disminuyen si se logra reducir los plazos.

El vertedero (barrera fija) es una estructura de hormigón masivo y los muros de hormigón armado se pueden convertir en muros gravitacionales. En las figuras 7, 8, 9 y 10 se presentan los diseños convencionales y la alternativa HCR. En la figura 11 se comparan los programas de construcción de ambas opciones. El plazo se reduce prácticamente a la mitad, un elemento clave para disminuir el riesgo de desbordes de las ataguías.

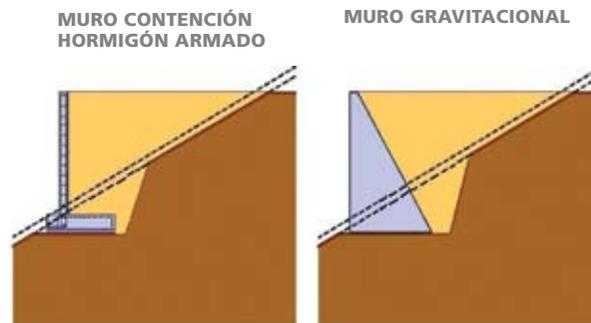
### Protecciones desbordes presas

En Estados Unidos, desde fines de los años '70, se ha hecho obligatoria una revisión periódica de los embalses en explotación. Se deben verificar las presas desde el punto de vista estructural y las restantes obras del embalse en lo funcional.

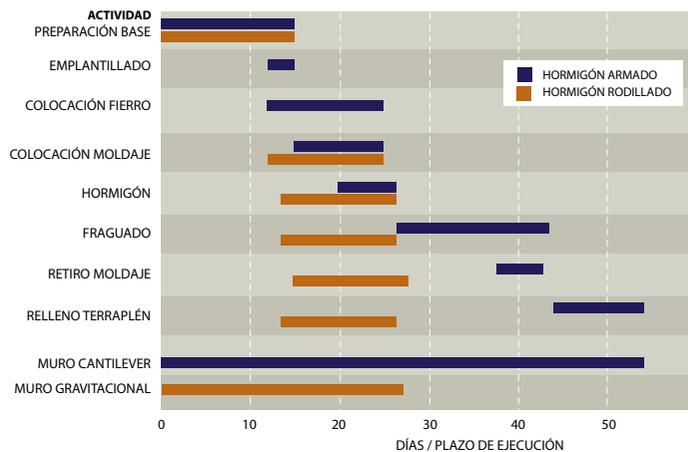
Al hacer las revisiones, se ha descubierto que un gran porcentaje de embalses, relativamente antiguos, no disponen de capacidad suficiente para la evacuación de crecidas. Las principales razones son:

- Criterios más exigentes para la crecida afluente de diseño.
  - Cambios en la clasificación de los vertederos debido al desarrollo de poblaciones aguas abajo de los embalses.
  - Estadísticas pluviométricas actualizadas y de mayor duración.
- Como consecuencia de los aumentos de las crecidas de diseño, se

**FIGURA 3. MURO DE CONTENCIÓN: CORTE TRANSVERSAL**



**FIGURA 5. PLAZOS DE EJECUCIÓN MURO CANTILEVER  
Y GRAVITACIONAL. INCLUYE RELLENO DEL TERRAPLÉN**



ha debido ampliar la capacidad de los vertederos o buscar alternativas. La solución aplicada en cientos de ocasiones consiste en convertir la presa misma en un vertedero de emergencia para crecidas de baja frecuencia. En la figura 12 se muestra una sección típica de una protección para desbordes.

El empleo de HCR actualiza la utilización de vertederos escalonados, muy empleados en la antigüedad y hasta la primera parte del siglo XX. Este tipo de vertederos se compatibiliza con los métodos de colocación y con los moldes que se emplean para la construcción de HCR. En la figura 12 y en el vertedero (barrera fija) de la obra que se presentó en el punto 3, se usan escalones. Con éstos se demuestra que se logra disipar hasta un 85% de la energía, generando una reducción importante de las obras de protección o de disipación aguas abajo (colchón disipador o enrocados).

Los requerimientos de verificación de la capacidad de evacuación de crecidas, se han extendido en numerosos países. Una situación que se debería registrar en nuestro país en un futuro próximo.

### Pavimentos de HCR

En nuestro país y en el extranjero se redoblan esfuerzos para introducir la técnica del HCR en la pavimentación de calles y carreteras. Sin embargo, hasta el momento no hay buenos resultados.

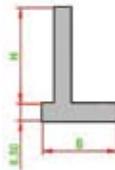
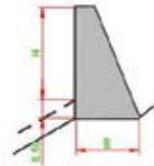
**CUADRO 1.**

**MURO GRAVITACIONAL HORMIGÓN RODILLADO**

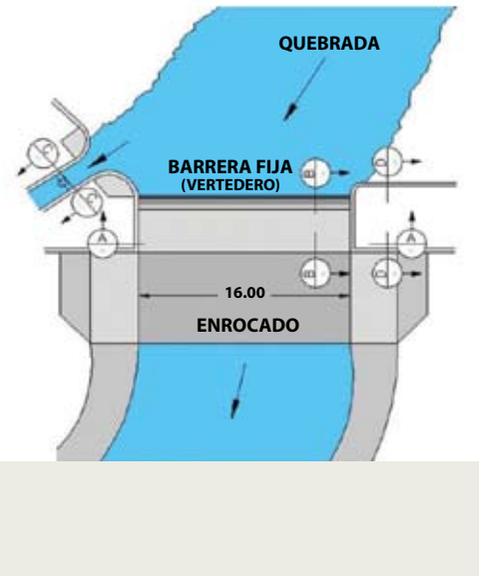
H (m)	B (m)	V (m3/m) TEÓRICO	V (m3/m) REAL	LARGO (m)	V (m3) TEÓRICO	V (m3) REAL	MOLDAJE m2/m3	COSTO MILES \$
1	0.42	0.54	0.62	9.5	5.13	5.9	1.4	
2	0.74	1.1	1.38	5.9	7.67	8.1	2.4	
3	1.1	2.45	2.53	13.4	32.83	33.9	3.4	
4	1.46	3.96	4.04	12.3	48.71	49.7	4.4	
5	1.82	5.83	5.91	11.2	65.30	66.2	5.4	
6	2.18	8.06	8.14	17.4	140.24	141.6	6.4	
				<b>TOTALES</b>	<b>299.88</b>	<b>305.5</b>		<b>5,953</b>

**MURO CANTILEVER**

H (m)	B (m)	V (m3/m)	FE Kg/m	LARGO	V (m3)	MOLDAJE m2/m3	COSTO MILES \$
1	1	0.5	28	9.5	4.7	3	
2	1.2	0.88	49	5.9	5.2	4.5	
3	1.3	1.51	93	13.4	20.2	6.7	
4	1.55	2.38	149	12.3	29.3	8.9	
5	1.8	3.03	227	11.2	33.9	11	
6	2.1	3.82	310	17.4	66.5	13.2	
					<b>159.9</b>		<b>30,576</b>
						<b>US\$/m3=</b>	<b>9,868</b>



**FIGURA 6. OBRA DE TOMA: PLANTA**



# ETSA DECOR

ELEMENTOS DECORATIVOS DE FACHADA EN POLIESTIRENO EXPANDIDO

- \* CORNISAS
- \* ALFÉIZAR
- \* BALAUSTRAS
- \* ARCOS
- \* CORONACIÓN DE PILARES
- \* COLUMNAS
- \* MOLDURAS



\*DISEÑAMOS SEGÚN SU REQUERIMIENTO



## ETSA

Calidad Certificada ISO 9001:2000



Los Hilanderos 8724 Parque Industrial-La Reina-Santiago-Chile  
Tel. 56-2-273 3437 - E-mail: ventas@etsa.cl - www.etsa.cl



# SOLETANCHE BACHY

Apóyate en nosotros

- Obras Mineras
- Perforaciones mineras y sondajes
- Geotécnica y Obras Civiles



Soletanche Bachy Chile S.A.

**NUEVO TELÉFONO**  
**(56-2) 5849000**

Av. Los Cerrillos n°980  
Cerrillos, Santiago  
sbc@soletanche-bachy.cl  
www.soletanche-bachy.cl

FIGURA 7. OBRA DE TOMA: CORTE A-A

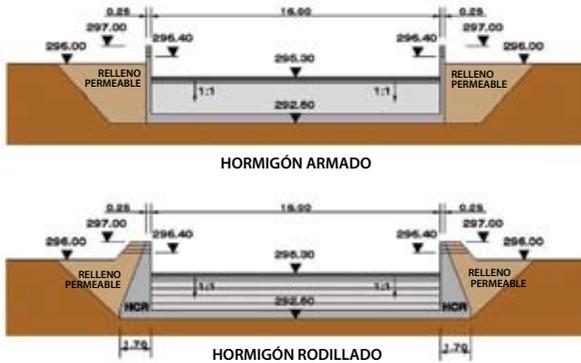


FIGURA 8. OBRA DE TOMA: CORTE C-C

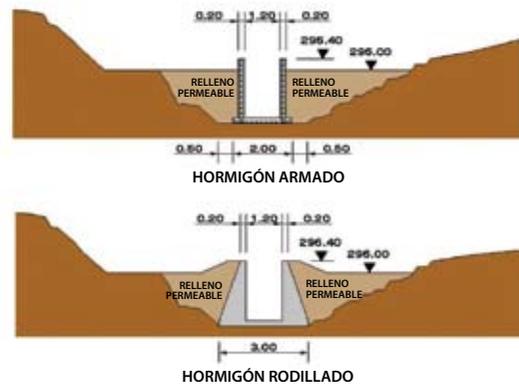


FIGURA 9. OBRA DE TOMA: CORTE B-B

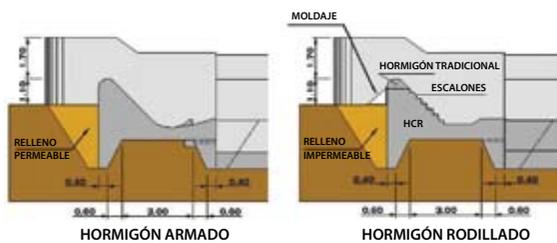


FIGURA 10. OBRA DE TOMA: CORTE D-D

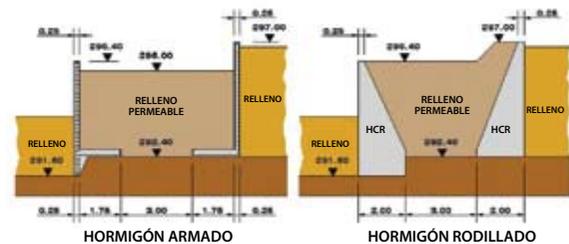


FIGURA 11. OBRA DE TOMA: PLAZOS DE EJECUCIÓN BARRERA FIJA

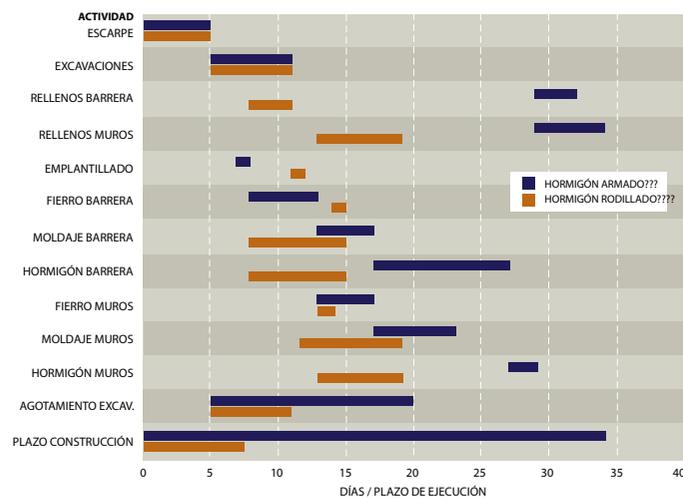
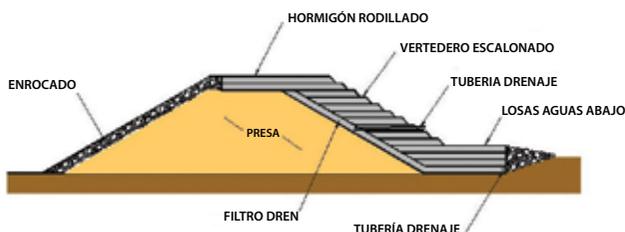


FIGURA 12. PROTECCIÓN DESBORDE PRESA: PERFIL LONGITUDINAL



La economía en plazos y costos de construcción del HCR proviene del método de transporte, colocación y compactación del hormigón y en los requerimientos de los moldes. En las pavimentaciones con hormigón, estas ventajas desaparecen. Con hormigones tradicionales, el transporte se realiza habitualmente con camiones tolva y se descarga directamente. El equipo de esparcido y compactación resulta relativamente sencillo y de gran rendimiento, los moldes son livianos y de bajo costo, y hasta incluso se pueden eliminar.

De esta forma, las ventajas del HCR se limitan a economía de cemento. Debido a los requerimientos especiales de los pavimentos, la reducción no es importante. A cambio, los problemas de la terminación de la superficie, significan costos no compensables.

En cambio, el HCR se justifica y cuenta con gran aplicación en pavimentos industriales para usos especiales como los que deben resistir la circulación de maquinaria pesada. Por ejemplo, en Estados Unidos gran parte del transporte de carga se hace en ferrocarriles usando contenedores. En las estaciones intermodales se ocupan porta contenedores con grandes neumáticos y cargas concentradas. Se construyen pavimentos de 60 cm de espesor y bajas exigencias de terminación debido a la escasa velocidad de los equipos que transitan sobre ellos. Aquí, se justifica ampliamente el empleo del hormigón rodillado.

Como anécdota, se puede mencionar que para estos fines se usó HCR en la Segunda Guerra Mundial, en especial en los patios para almacenar y para maniobrar los tanques. En nuestro país, debiera considerarse el HCR para los pavimentos en puertos y para los patios de trasbordo de contenedores en las estaciones de ferrocarril. ■

Más estudios e investigaciones en [www.revistabit.cl](http://www.revistabit.cl)



www.finning.com

## EN LA CONSTRUCCIÓN, HACEMOS MÁS LIVIANO EL TRABAJO PESADO

**Somos más que un proveedor de máquinas.**  
Porque tenemos a los profesionales más capacitados y comprometidos, la red más amplia de sucursales y el soporte más completo y conocido del mercado. Por eso podemos decir que tenemos todas las soluciones en el segmento de construcción.



LA FUERZA DEL SOPORTE

# UNISPAN

SISTEMAS DE MOLDAJES Y ANDAMIOS



## SOLUCIONES SIN LIMITES EN MUROS, VIGAS, PILARES Y LOSAS

UNICA EMPRESA CAPAZ DE OFRECER LA VERSATILIDAD DE DOS SISTEMAS DE ENCOFRADO

### UNISPAN DUO®

SISTEMAS DE MOLDAJES Y ANDAMIOS

- SISTEMA EUROPEO
- RAPIDEZ Y PRACTICIDAD
- AUTOALINEANTE



### UNISPAN ALLSTEEL®

SISTEMAS DE MOLDAJES Y ANDAMIOS

- 100% ACERO
- ECONOMIA Y ADAPTABILIDAD



Tel. (56- 2) 373 85 99

ventas@uni-span.com

www.uni-span.com