FCT COMBUSTION
Delivering Performance

Sigue el camino para la **producción sostenible de cemento**

con las tecnologías especializadas para la calcinación de arcilla de FCT.

FlashCalx™
Calcinador Flash

RotaCalx™
Horno Calcinador Rotatorio

Nuestro equipo de expertos tiene cuatro décadas de experiencia con calcinación de arcillas y han desarollado dos soluciones especializadas para la producción del cemento verde.

Mas información y videos sobre los beneficios y el proceso, así como un diagrama para la selección de los equipos necesarios, se pueden encontrar en fctcombustion.com/clay-calcining-technologies

Joel Maia. *Director Ejecutivo de FCT para Europa y África*
Pedro Ladeira. *Director de Sostenibilidad del Grupo FCT*

Tecnologías de calcinación de arcillas

El histórico Acuerdo de París, firmado en 2015 por 196 países de todo el mundo, busca una disminución significativa del calentamiento global para 2050, limitándolo a menos de 2 °C por encima de los niveles preindustriales. De acuerdo con ello, los países firmantes han impulsado la adopción de normativas más estrictas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero

En este contexto, la industria mundial del cemento está valorando el 'cemento verde' con puzolana calcinada ('Q') como estrategia para reducir las emisiones de CO_2 y, al mismo tiempo, aportar beneficios económicos a los productores. FCT ha desarrollado las tecnologías especializadas de calcinación de arcilla FlashCalx™ y RotaCalx™ para ayudar a los fabricantes a obtener estos beneficios, además de desarrollar una solución patentada para asegurar el mantenimiento del color tradicional 'gris cemento' en el producto final.

En la producción de cemento pórtland, la caliza pulverizada es un ingrediente principal de la harina junto con fuentes de sílice, aluminio, hierro y otros componentes. A continuación, la mezcla se piroprocesa a 1.450 °C para producir clínker, que se tritura hasta convertirlo en polvo y que es el principal componente del cemento.

Durante el piroprocesamiento, la materia prima se descarbonata, lo que es un paso necesario para producir los compuestos minerales cementantes del clínker, con las consiguientes y elevadas emisiones de CO_2. Además, algunas emisiones de CO_2 varían en función de la fuente de combustible utilizada para calentar las materias primas a temperaturas tan elevadas.

En la producción de 'cemento verde' con puzolana calcinada, el constituyente del cemento pórtland (CCP) procesado entre 600 °C y 900 °C (puzolana calcinada, 'Q') se utiliza como sustituto parcial del clínker en el proceso final de fabricación del cemento. El 'cemento verde' mantiene la resistencia del cemento pórtland y, en algunos casos, incluso mejora su plasticidad. Al igual que en el cemento compuesto, se utiliza menos clínker y se necesita menos calor para producir CCP artificial. Además, se emite menos CO_2 en el proceso de producción, alcanzando los beneficios medioambientales y económicos.

Definición de materiales cementantes suplementarios (MCS)

Los MCS pueden definirse como materiales silicoaluminosos amorfos con propiedades aglutinantes hidráulicas. Existen varios tipos de MCS que pueden utilizarse en el 'cemento verde', incluidos los materiales volcánicos naturales, la caliza, los subproductos industriales como las cenizas volantes y la escoria, así como las puzolanas naturales o sintéticas.

Las puzolanas sintéticas, incluida la arcilla calcinada, se han convertido en la primera opción de MCS. La arcilla está disponible prácticamente en cualquier lugar y los yacimientos suelen ser muy heterogéneos. Las arcillas utilizadas como puzolanas (puzolana calcinada, 'Q') suelen requerir que el contenido de Al_2O_3 oscile entre el 17% y el 38%. El contenido de arena y otras impurezas puede variar enormemente, normalmente en un rango del 5 al 50% y puede incluir niveles considerables de óxido de hierro. Los niveles de humedad pueden variar entre el 5 y el 75%, en función de la procedencia de la arcilla.

Si bien el cemento pórtland tiene un alto contenido de compuestos a base de calcio, la puzolana es principalmente un material silíceo, como se demuestra en la Figura 1. Se pueden utilizar diversos tipos de arcilla como MCS tras su activación, siendo la caolinita, la illita y la montmorillonita los tipos más habituales. La finura de la arcilla tras el secado puede oscilar entre unos micrómetros y unos milímetros.

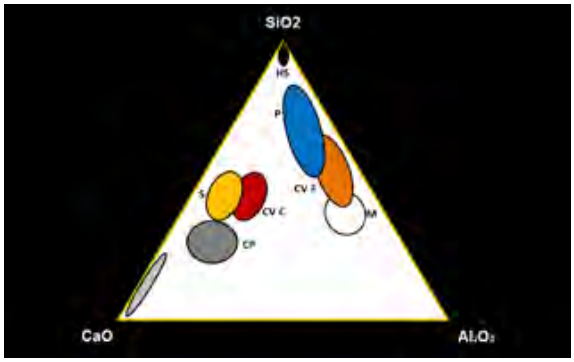

Figura 1. Diagrama ternario de CaO-SiO_2-Al_2O_3. El cemento pórtland se representa con 'CP' y la puzolana con 'P'.

Activación de la arcilla

- Composición mineralógica de la arcilla.
- Cristalinidad.
- Temperatura de calcinación óptima.

La activación de las puzolanas arcillosas depende en gran medida de tres factores básicos:

El principal objetivo del procesamiento industrial de las puzolanas es eliminar el hidroxilo de la estructura de la arcilla (a diferencia de la eliminación del dióxido de carbono de la estructura de la piedra caliza en la producción de clínker), y este proceso conlleva la activación de los óxidos de alúmina y sílice.

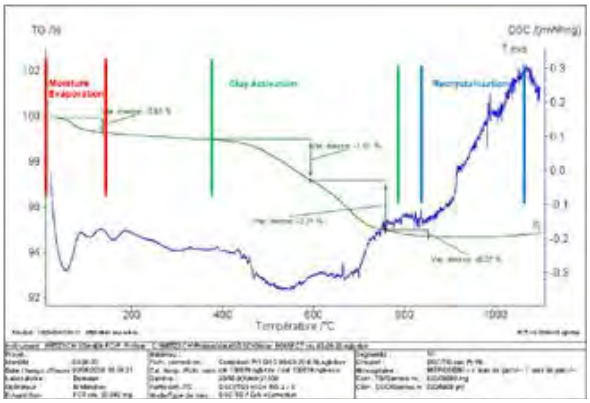

Figura 2. El análisis termogravimétrico y el calorímetro de barrido diferencial indican el rango térmico de la calcinación antes de que se produzca la recristalización.

Es importante señalar que una temperatura de calcinación baja no activará completamente la arcilla y una temperatura de calcinación demasiado alta puede provocar la recristalización de la estructura de la arcilla, como se muestra en la Figura 2. En ambos casos disminuye considerablemente la reactividad de la arcilla. De las arcillas mencionadas, la caolinita es con la que resulta más fácil trabajar porque tiene el rango de temperatura más amplio. Algunas otras arcillas, incluida la montmorillonita, tienen un rango mucho menor en el que pueden calentarse con precisión para lograr su activación antes de que se produzca la recristalización.

Dos de los métodos más comunes para el procesamiento industrial de las puzolanas son mediante un calcinador en suspensión (también conocido como calcinador "flash"), o mediante un horno rotatorio. FCT ha desarrollado versiones de cada una de estas tecnologías en forma de FlashCalx™ y RotaCalx™, basadas en la gran experiencia de nuestro equipo trabajando con tecnologías de arcilla calcinada durante más de cuatro décadas. Al tener estos dos productos en su cartera, FCT es el colaborador ideal para encontrar la mejor solución en cada proyecto específico.

Evaluación del mejor método de calcinación

El proceso de calentamiento en ambas tecnologías es similar, sin embargo cada método posee sus propias particularidades, ventajas e inconvenientes. Se debe tener en cuenta la caracterización de la arcilla, la cantidad de procesamiento prevista, si la planta es nueva o ya existente, si se desea integrar o reutilizar el equipo existente, el espacio disponible, el tipo de combustible que se utilizará y el presupuesto disponible. La Figura 3 muestra los diferentes factores que podrían influir en la selección a la hora de evaluar el mejor método para procesar los CCP.

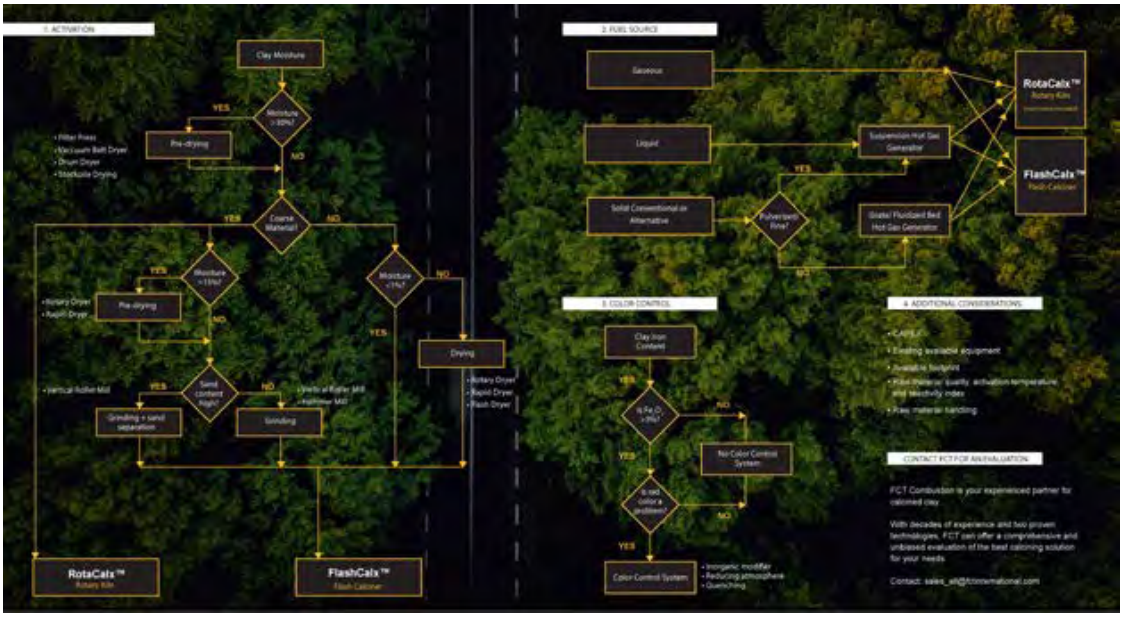

Figura 3. Existen diversos factores que pueden determinar si la calcinación "flash" o la calcinación rotativa es la solución más adecuada para un material determinado.

Producción de 'cemento verde' con puzolana calcinada ('Q') mediante la tecnología FlashCalx™

FCT ha desarrollado la tecnología FlashCalx™, un calcinador "flash" para el tratamiento térmico de la arcilla que permite obtener una puzolana altamente reactiva para el 'cemento verde' con puzolana calcinada ('Q'). Por lo general, se considera que el uso de un calcinador "flash" es la solución ideal para las plantas totalmente nuevas, ya que puede suponer un retorno de la inversión más rápido.

Gracias a su rápida iniciación, su fácil manejo y su reducidas dimensiones, FlashCalx™ está disponible en varios tamaños con una línea independiente o un calcinador en línea según las necesidades del cliente. Este sistema permite reciclar los gases calientes en varios puntos, lo que redunda en una reducción del consumo de combustible y calor. También se ha constatado un aumento en el desarrollo de la resistencia cuando el CCP obtenido por calcinación "flash" se utiliza como componente de un cemento mezclado.

Figura 4. La tecnología FlashCalx™ de FCT consiste en un calcinador en suspensión para el tratamiento térmico de la arcilla.

Figura 5. La instalación de un generador de gas caliente de última generación aporta una gran flexibilidad en el uso del combustible.

La arcilla utilizada debe ser en forma de polvo seco y fino. Para ello, la materia prima debe secarse hasta alcanzar el 1% de humedad.

Si bien las arcillas son por naturaleza un material fino, puede ser necesario utilizar un molino-secadorenalgunoscasos, que deberá escogerse según la humedad y la composición del material. La instalación de un triturador también puede ofrecer otras ventajas, como la posibilidad de eliminar el material inerte, como la arena, antes de la introducción en el calcinador "flash", lo que permitiría reducir las cantidades necesarias de energía térmica y la necesidad de mantenimiento, además de aumentar la reactividad del producto.

Al inicio del proceso, un elevador de cangilones transporta la arcilla fina a la parte superior de la torre. El elevador también permite la recirculación de la arcilla en la torre, en particular durante el proceso de precalentamiento, con lo que prácticamente se elimina el material que no cumple las especificaciones.Los dos primeros ciclones de la parte superior de la torre se utilizan para calentar la arcilla calcinada.

Después de introducir el material en el calcinador "flash", se debe aumentar la temperatura de la arcilla hasta alcanzar la temperatura de calcinación requerida. La transferencia de calor se consigue mediante un contacto estrecho entre los gases calientes y las finas partículas de arcilla, con lo que se mejora la recuperación de calor del sistema en comparación

con un horno rotatorio. Un ventilador de tiro inducido controla el transporte en las secciones de precalentamiento/calcinación, mientras que para el desempolvado se utiliza un filtro de mangas. Los gases que salen del calcinador "flash" pueden reutilizarse para secar y moler la arcilla bruta, con lo que se reduce aún más el consumo térmico.

Un innovador generador de gas caliente ofrece una gran flexibilidad en el uso de combustible para que el cliente pueda utilizar los combustibles que prefiera, o cuya rentabilidad o disponibilidad sea mayor. El generador de gas caliente no solo quema combustibles tradicionales como el gas natural, el aceite combustible y el combustible pulverizado, sino también combustibles alternos y sólidos sin necesidad de trituración, incluido el carbón/coque de petróleo en trozos y combustibles alternativos como la biomasa y los RDF/SRF.

La dihidroxilación de la arcilla se realiza entre el calcinador y el ciclón del calcinador. La temperatura de reacción se controla fácilmente mediante un circuito PID de temperatura-combustible, oscilando normalmente entre 600 °C y 900 °C en función de las características de la arcilla.

El refractario solo se aplica en la cámara de combustión, el calcinadory el ciclón del calcinador, lo que permite un calentamiento más rápido, menos costoso y ofrece la posibilidad de volver a arrancar el sistema en frío en 1-2 horas. FlashCalx™ transporta todo el material a través de un transportador neumático o por gravedad, lo que permite una instalación de bajo mantenimiento, peso ligero y muy segura.

Una vez finalizada la reacción, el producto llega a un conjunto de ciclones de enfriamiento que reducen la temperatura de la arcillacalcinadaa la vez que recuperan calor tanto para el generador de gas caliente como para el secado de la arcillabruta. El flujo de gas en la sección de enfriamiento se controla mediante con otro ventilador, lo que permite un control separado entre la sección de precalentamiento/calcinación y la sección de enfriamiento, aumentando así la flexibilidad del sistema.

Por último, el producto se transporta de forma neumática o mecánica a los silos o directamente al separador del molino de cemento. Como FlashCalx™ controla y evita fácilmente la fusión y aglomeración de la arcilla, el calcinado tiene una gran superficie específica, lo que permite obtener una puzolana altamente reactiva sin o minima necesidad de trituración.

Solución y comparación RotaCalx™ de FCT

RotaCalx™ es el calcinador de horno rotatorio de FCT, ideal tanto para proyectos nuevos como ya existentes.

Figura 6.La tecnología RotaCalx™ de FCT emplea un horno rotatorio tradicional y puede utilizar partículas gruesas o arcillas con mayor contenido de humedad.

Los hornos rotatorios de clinker pueden readaptarse eficazmente para la calcinación de arcilla, y los ingenieros de FCT cuentan con una amplia experiencia en este campo que se remonta a la década de 1980.

Si bien se requiere una granulometría homogénea para lograr una calcinación homogénea, la calcinación rotatoria permite utilizar un material de trabajo más grueso debido al mayor tiempo de permanencia en el horno. Para las arcillas con un contenido de humedad más elevado, RotaCalx™ permite la alimentación directa del material en el horno, lo que puede traducirse en una reducción de los costes asociados al procesamiento previo, ya que no es necesario triturar y secar el material antes de introducirlo en el horno.

Se puede utilizar una amplia gama de combustibles que se pueden quemar también al mismo tiempo. La calcinación rotativa también puede ser una opción aconsejable para las empresas que deseen utilizar combustibles más ligeros, como pelusas o serrín, que pueden ser menos adecuados para utilizar en generadores de gas caliente.

En la Tabla 1 puede ver una comparación de las dos tecnologías de arcilla calcinada examinadas.

Tabla 1. Una comparación de los beneficios de FlashCalx™ y RotaCalx™.

	Horno rotatorio	Calcinador "flash"	Comentarios
Eficiencia térmica	• Mayores pérdidas de calor debido a la gran superficie expuesta en alta temperatura	• Menores pérdidas de calor debido a la menor superficie expuesta en alta temperatura. • Diseñado con un sistema de recuperación térmica para los gases calientes y del producto final.	Flash ofrece un menor consumo energético total (al menos 40 kcal/kg y 5 kWh/t menos). Menores costes de explotación.
Consumo térmico y eléctrico	• Recuperación deficiente del calor (precalentamiento y refrigeración). • Mayor consumo eléctrico: accionamiento del horno + trituración del producto calcinado.	• Ahorro térmico gracias al precalentamiento y a las recuperaciones del enfriador. • No es necesario triturar el producto calcinado.	
Tiempo de calcinación	• Varios minutos.	• Pocos segundos.	El calcinador flash puede funcionar de manera intermitente, lo que es más adecuado para operaciones que no operen de forma continua.
Inercia térmica	• Elevada inercia térmica: • gracias al revestimiento refractario. • El horno rotatorio solo se utiliza para funcionamiento continuo.	• Baja inercia térmica: sin revestimiento refractario en los ciclones. • Misma lógica PID que los precalcinadores de clínker.	La menor inercia térmica del calcinador flash acelera considerablemente el tiempo de precalentamiento en comparación con la opción con horno rotatorio.
Proceso de trituración	Se requieren 2 sistemas de trituración: • Trituración más gruesa de la materia prima (puede ser la trituradora de arcilla existente si está integrada en la línea de cemento), • Trituración delproducto calcinado, debido a la aglomeración y formación de cristales durante la calcinación (puede realizarse mezclada con otros componentes del cemento en la estación de trituración de cemento existente).	• Se requiere una instalación de trituración más fina y secado (material bruto): • SIN aglomeración durante la calcinación en el horno. • La puzolana puede mezclarse directamente con el cemento compuesto sin necesidad de triturar.	El consumo eléctrico de la trituración del producto de puzolana calcinada es mayor que el de la materia prima, aunque aún es inferior al del clínker. El gasto de capital puede ser menor si se instala cualquiera de las dos tecnologías de calcinación con una línea de cemento ya existente.
Mantenimiento	• Piezas mecánicas giratorias a alta temperatura (3 USD/t) • Manejo sencillo	• Sistema estático (1 USD/t)	Menores gastos de mantenimiento con el calcinador flash debido al mantenimiento intrínsecamente más costoso de los equipos rotatorios en comparación con los fijos. El coste puede verse compensado por el menor gasto de capital de un horno rotatorio o un casco ya existentes.
Calidad del producto	• Mayor tasa de subcalcinación y sobrecalcinación del producto. • Menor superficie específica del producto calcinado debido al proceso de calcinación y a la segunda trituración.	• Menor tasa de subcalcinación y sobrecalcinación del producto. • Mayor superficie específica del producto: expansión de las partículas durante la calcinación debido al calentamiento rápido.	El mejor control del calor del Calcinador Flash mejora la calidad del material calcinado gracias a un producto final menos cocido en exceso o en defecto.
Inversión	• Retorno de la inversión en 3,5 años teniendo en cuenta una instalación totalmente nueva. • Retorno de la inversión mucho más rápido teniendo en cuenta la conversión del equipo existente.	• Retorno de la inversión en 2,5 años teniendo en cuenta una instalación totalmente nueva. • Gastos de explotación generalmente inferiores.	Depende en gran medida de la disponibilidad de equipos existentes para su conversión. Se requiere un estudio individualizado para determinar qué solución es más eficaz económicamente para cada instalación.

Figura 7. FCT cuenta con una solución patentada para mantener la tonalidad tradicional 'gris cemento' independientemente del contenido de hierro de la arcilla.

Control del color de las arcillas calcinadas en el 'cemento verde' con puzolana calcinada

Hasta ahora, un reto decisivo en la comercialización del 'cemento verde'con puzolana natural calcinadaha sido la capacidad de mantener la tonalidad gris tradicional del cemento, ya que el contenido de hierro (Fe) que suele tener la arcilla puede provocar que el producto adquiera una tonalidad rojiza según cómo se combine con el oxígeno (O).

Si bien el color del cemento no guarda relación con ninguna cuestión de calidad, puede influir en la percepción del usuario final y finalmente ser incluso rechazado. Hay diferentes estrategias para paliar este problema, y cada una tiene sus propias ventajas e inconvenientes.

Algunas estrategias incluyen el agotamiento del oxígeno, la inyección de combustible cerca de la salida del horno, la inyección de combustible mezclado directamente con la arcilla cruda, el enfriamiento y la mezcla de combustible con la

Your reliable partner for excellent quality from the Black Forest • Over 100 years of experience

Rollerchrusher WBG

- Complete plant technology for processing bulk goods
- Throughput capacity up to 150 t/h
- Feed grain size up to 350 mm
- Final grain size as little as 0.1 mm
- Development and production at a single location
- Large technical centre for testing
- Regional suppliers
- Lifelong spare parts service
- Can be made with stainless steel, ATEX-compliant, etc.
- Machines and systems for hire
- Contract processing of any kind of bulk goods

Merz Aufbereitungstechnik GmbH
Industriestr. 29
79787 Lauchringen, Germany

Phone +49 (0) 7741 / 6826 0
info@merz-aufbereitungstechnik.de
www.merz-aufbereitungstechnik.de

merz Aufbereitungstechnik GmbH

GRINDING • CRUSHING • SCREENING • CONVEYING • PROPORTIONING • SEPARATING • PLANT + PROCESS ENGINEERING

entrada de arcilla en el calcinador. Todos estos métodos permiten controlar el color de la arcilla (y, por tanto, del cemento), pero también pueden acarrear algunos inconvenientes como un mayor coste de los equipos, un mayor consumo de energía, ciertos problemas con los compuestos orgánicos volátiles y otras emisiones peligrosas.

FCT ha desarrollado una alternativa innovadora añadiendo modificadores inorgánicos para conseguir la tonalidad gris tradicional sin afectar al consumo de combustible ni tener un impacto negativo en las emisiones. En función de la estructura y mineralogía de la arcilla, se han constatado casos en los que el método ha generado beneficios secundarios adicionales, como una mayor resistencia. Aunque es necesario un aumento de la temperatura, los modificadores inorgánicos no son costosos, requieren una manipulación mínima y el calor adicional puede recuperarse.

Asistencia especializada para unos beneficios medioambientales y económicos

Para asegurar que se cumplen las expectativas de calidad, FCT colabora con laboratorios asociados para realizar pruebas termogravimétricas, de calorimetría de barrido diferencial y de reactividad, entre otras. Estas pruebas se realizan al inicio de la evaluación del proyecto y FCT revisará el análisis para confeccionar una solución que se adapte a los requisitos específicos.

FCT tiene acceso a plantas piloto tanto para calcinadores rotativos como "flash" en América y Brasil. También es posible realizar pruebas a escala industrial. La arcilla calcinada puede ser devuelta al cliente para que realice pruebas a escala de la planta en el circuito de molienda de cemento para una prueba final de calidad antes de la construcción de una planta completa.

Con un equipo especializado que ha puesto en marcha con éxito numerosas plantas de arcilla calcinada en todo el mundo, FCT se encuentra totalmente capacitada para prestar asesoramiento especializado a los clientes para que puedan implementar sin problemas el método de producción que hayan elegido.

El proceso, desde las evaluaciones iniciales hasta el diseño y el suministro, viene detallado en la Figura 8.

Conclusión

La comercialización del 'cemento verde' con puzolana calcinada puede ofrecer importantes beneficios medioambientales para la sociedad, así como económicos para los productores. Para los consumidores, se ha constatado una mejora de la resistencia, la durabilidad y la plasticidad del cemento. Para obtener los mejores resultados, es importante conocer en profundidad la materia prima y los mecanismos de activación de la arcilla asociados. Al contar con un colaborado-experimentado se pueden evitar posibles inconvenientes y acelerar la curva de aprendizaje del personal de la planta para maximizar los beneficios potenciales de la producción de 'cemento verde' con puzolana calcinada.

Puede encontrar más información sobre la calcinación de la arcilla en el código QR.

Figura 8. FCT ha desarrollado un proceso para asegurar los mejores resultados para el cliente.