

MONITORIZACIÓN DEL EDIFICIO DE RECTORADO DE LA UPV/EHU

MARTIN ESCUDERO, Koldobika⁽¹⁾; ERKOREKA GONZALEZ, Aitor⁽¹⁾

GARCÍA GIL, Eduardo⁽¹⁾; TERES ZUBIAGA, Jon⁽²⁾; DEL PORTILLO VALDÉS, Luis⁽¹⁾

koldobika.martin@ehu.es

⁽¹⁾ ENEDI ResearchGroup, E.T.S.I. de Bilbao, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, UPV/EHU

⁽²⁾ ENEDI ResearchGroup, E.U. de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, UPV/EHU

RESUMEN

Los edificios consumen alrededor del 40% de la energía total consumida en Europa. La rehabilitación eficiente energéticamente desempeña un papel esencial en el cumplimiento de los objetivos 20-20-20 de la UE. Se puede lograr un mayor impacto a través de intervenciones en edificios no residenciales, dado que su consumo de energía es un 40% superior que el de los edificios residenciales. El 30% de los edificios no residenciales en Europa son edificios públicos.

En este sentido, dentro del Séptimo Programa Marco se está desarrollando el proyecto A2PBEER (Affordable and Adaptable PublicBuildingsthroughEnergyEfficiencyRetrofitting). Es un proyecto europeo innovador que implementa una metodología de rehabilitación eficiente energéticamente para edificios públicos situados en diferentes zonas climáticas y con diferentes usos.

Concretamente uno de los edificios sobre el que se va a plantear la rehabilitación es el del Rectorado de la UPV/EHU situado en Leioa, que es un edificio público de uso de oficinas. La primera fase del proyecto consiste en monitorizar en diferentes zonas del edificio las variables más características para el análisis del consumo energético y el confort (temperatura, consumo de calefacción, consumo eléctrico, humedad relativa, concentración de CO₂ e iluminación).

El objetivo es doble; por un lado conocer la situación actual del edificio para realizar un análisis acerca de su potencialidad de ahorro energético, señalando los aspectos más débiles de cara a la rehabilitación energética.

Por otro lado, se obtendrán patrones de uso del edificio, como por ejemplo la ocupación o la ventilación, que jugarán un papel muy importante en el consumo final. En este trabajo se presentarán las principales conclusiones que se han obtenido de la monitorización a gran escala llevada a cabo en este complejo edificio de oficinas.

Palabras clave: Monitorización, Rehabilitación, Proyecto A2PBEER.

1. Introducción

La Directiva 2010/31 de la Unión Europea [1] sobre eficiencia energética plantea que para el año 2020 Europa deberá reducir su consumo energético en un 20% y que el 20% de energía total consumida tenga una procedencia renovable. Los edificios consumen alrededor del 40% del total de energía que emplea Europa. Por este motivo el objetivo es conseguir Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en 2020. En este proceso está inmersa la UPV/EHU, que participa en el proyecto A2PBEER (Affordable and Adaptable Public Buildings through Energy Efficiency Retrofitting) [2]. El Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la UPV/EHU a través del Grupo de investigación ENEDI lidera la rehabilitación del edificio del Rectorado ubicado en el municipio de Leioa (Vizcaya).

El proyecto A2PBEER busca conseguir edificios energéticamente eficientes y sostenibles mediante soluciones innovadoras. Del presupuesto total del proyecto, financiado por el 7º Programa Marco de la Unión Europea para la investigación, el desarrollo tecnológico y la demostración, 1,16 millones se utilizarán para rehabilitar el edificio del rectorado de la UPV/EHU. El programa tiene una duración de cuatro años y en él participa un consorcio de 20 entidades y administraciones públicas europeas con el objetivo de desarrollar conjuntamente tecnologías disponibles, asequibles, adaptables y capaces de reducir en más de un 50% el consumo energético en edificios no residenciales.

Los edificios piloto elegidos para participar en el proyecto son el Rectorado de la UPV/EHU (España), el Museo de la Ciencia de Malmö (Suecia) y la Escuela de Formación Profesional de Ankara (Turquía). Todos son edificios públicos, pero con usos diversos. El Rectorado de la UPV/EHU alberga locales de servicios, despachos y espacios de trabajo, el Museo de la Ciencia de Malmö es un centro cultural y la Escuela de Formación Profesional de Ankara, un edificio dormitorio. Cada uno está ubicado en una de las principales áreas climáticas de Europa: zona oceánica (Leioa), zona continental (Malmö) y zona mediterránea (Ankara).

El programa A2PBEER se centra en la rehabilitación de edificios públicos porque el 30% de los edificios no residenciales de Europa son públicos, y tienen un consumo de energía mayor que el resto. Después de la rehabilitación, los tres edificios piloto se acercarán al modelo de “edificio de consumo de energía casi nulo” y se trata de cuantificar en qué medida lo harán.

2. Objetivos

El proyecto comenzó en septiembre de 2013. Hasta ahora, se han medido, a través de sensores, el consumo energético real y el grado de confort interior del edificio del Rectorado. La monitorización se realiza para conocer el comportamiento energético real del edificio de cara a concretar la rehabilitación que se va a llevar a cabo. Las soluciones constructivas actuarán de forma pasiva sobre la cubierta, la fachada y las ventanas; y de forma activa, sobre las instalaciones de calefacción y refrigeración, y sobre la iluminación. Aunque la rehabilitación se plantea para prácticamente todo el edificio que se compone de 3 bloques (Figura 1), la monitorización sólo se lleva a cabo en el bloque oeste.

Entre las tareas del proyecto A2PBEER también se encuentra la de realizar la simulación energética del edificio para comparar los resultados obtenidos con los de la monitorización. De esta manera una vez validado el modelo, se puede calcular el impacto que tendrán las medidas de mejora que se propongan. Por último, una vez efectuadas las obras de rehabilitación, de nuevo se monitorizará el edificio para valorar el ahorro energético real obtenido.

Con el objetivo de minimizar las diferencias que pueda haber entre los resultados de la simulación y los de la monitorización, se han analizado los datos obtenidos de la monitorización para obtener los perfiles de ocupación, de calefacción y de iluminación.

3. Monitorización

3.1. Descripción del edificio de Rectorado

El edificio del Rectorado que se muestra en la Figura 1, se sitúa en el Campus de Vizcaya (área de Leioa-Erandio) y fue construido a principios de los años 70. Cuenta con un diseño de planta estrecha con una dimensión de 110×22m y una altura máxima de 18 metros (planta baja + 3). Los cerramientos exteriores son básicamente paneles prefabricados de hormigón vistos sin cámara de aire siendo la carpintería de madera de pino con vidrio sencillo. Se ha elegido este edificio porque existen otros de construcción parecida y, por tanto, las soluciones podrían ser replicadas en esos inmuebles.

Uno de los aspectos más característicos de la envolvente son los parasoles de hormigón armado situados en la orientación sur con el objetivo de minimizar las ganancias solares en verano y permitir su entrada en invierno. Hay que tener en cuenta que en la orientación sur no hay ningún edificio circundante que le proyecte sombra al Edificio de Rectorado.



Figura 8: Vista general de la orientación sur del Edificio de Rectorado de la UPV/EHU.

El edificio a lo largo de los años y de diferentes partidas presupuestarias ha sufrido una serie de rehabilitaciones locales de pequeña escala:

- Dos terceras partes de la cubierta se han aislado con 4 cm de XPS.
- Exceptuando la mayor parte de la primera planta y las ventanas donde se encuentran los parasoles de hormigón, las ventanas han sido sustituidas por ventanas con vidrio doble, en algunos casos con marco metálico con rotura de puente térmico y en otros sin rotura de puente térmico.
- La ubicación donde se encuentran las oficinas del Rector (acabado en madera vista) se ha rehabilitado de forma global, de manera que esta zona no se va a tener en cuenta de cara a la rehabilitación.

En cuanto a las instalaciones HVAC del edificio, hay que destacar que no existe demanda de ACS ni sistemas de ventilación mecánica. Tampoco hay aporte de refrigeración excepto en la zona de las oficinas del Rector y algún equipo de aire acondicionado autónomo que existe en algunas salas de reuniones. El sistema de calefacción es centralizado (district-heating)

3.2. Medidas realizadas

La elección y colocación de los sensores se ha llevado a cabo por parte de la empresa Acciona que posee una gran experiencia en este tipo de monitorizaciones. El plan de monitorización ha tenido en cuenta las estructuras requeridas por la base de datos Concerto [3]. Además las mediciones realizadas pueden ser visualizadas en tiempo real a través de un acceso privado en la página web del proyecto.

En función de la configuración de cada planta, se ha colocado un número de sensores (entre 3 y 4 por planta) distribuidos en distintas ubicaciones del bloque oeste del Edificio de Rectorado. Para el análisis del consumo energético y el confort térmico del edificio se han monitorizado las siguientes variables:

- Temperatura, humedad relativa, emisiones de CO₂: Para evaluar el confort térmico y obtener información sobre patrones de ocupación y ventilación natural.

- Potencia aportada por la calefacción: Midiendo el caudal y las temperaturas de los conductos de ida y de retorno, se obtiene la potencia que aporta el sistema de calefacción.
- Consumo e intensidad de iluminación: Al tratarse de un edificio de oficinas este término cobra importancia.

En la Figura 2 se muestran imágenes de los sensores colocados.



Figura 9: (a) Sensor de temperatura y humedad; (b) Sensor de medida de CO₂ y de intensidad de iluminación; (c) Medida de la potencia eléctrica de iluminación; (d) Medida del consumo de calefacción.

A parte de los sensores situados en el interior del edificio, de cara a la interpretación de los resultados obtenidos también se dispone una estación meteorológica situada en la cubierta del Edificio de Rectorado. Esta estación facilita información sobre la temperatura, humedad relativa, radiación solar global horizontal e iluminación del ambiente exterior. Para simplificar el tratamiento de datos de cada una de las variables, las medidas realizadas se obtienen en intervalos de 1 hora.

4. Resultados alcanzados

Se tienen datos de la monitorización desde setiembre del 2014. En una primera aproximación se ha querido estudiar el comportamiento del edificio tanto en verano como en invierno, por lo que los resultados que a continuación se muestran son los correspondientes a los meses de setiembre (verano) y de enero (invierno). En los resultados que a continuación se presentan, se han planteado dos posibles comparativas: una para analizar los perfiles de una planta a lo largo de las 4 semanas, y la otra para comparar las diferentes plantas a lo largo de una semana.

4.1. Comparativa por semanas

Con este análisis de los resultados se pretende ver si los patrones de uso del edificio que se obtienen se repiten a lo largo del tiempo para una planta en concreto. A continuación el estudio sólo muestra los resultados para la planta 1 (Figura 3 y Figura 4), pero examinando las gráficas del resto de las plantas se puede deducir que las conclusiones que se derivan de él son las mismas.

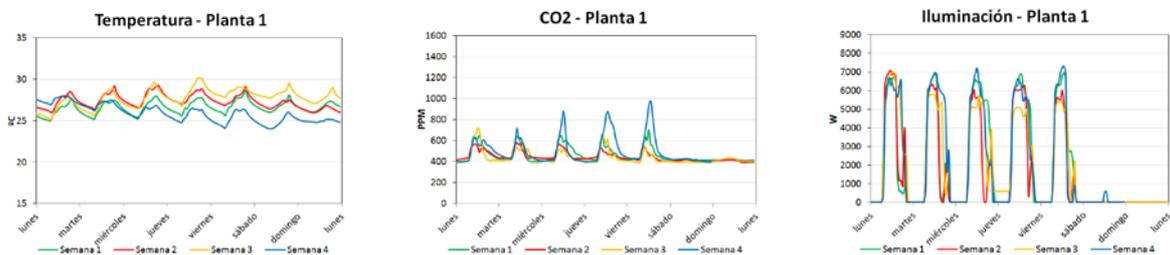


Figura 10: Medidas realizadas en el mes de setiembre en la planta 1

En la primera imagen de la Figura 3 se ve que la evolución de la temperatura del ambiente interior es cualitativamente similar en setiembre. Sin embargo hay diferencias cuantitativas en función de la semana debido a las condiciones meteorológicas exteriores. Si se analizan los grados día de refrigeración en base 20 del mes de setiembre, los datos que se tienen distribuidos por semana son los de la Tabla 1.

Tabla 2: Grados día de refrigeración de setiembre por semanas.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
GD₂₀ refrigeración	440,2	535,5	541,1	150,1

De la Tabla 1 se deduce que la semana más cálida y fría de setiembre son respectivamente las semanas 3 y 4, lo cual explica las diferencias en los perfiles de temperatura monitorizados. Además hay que resaltar que la temperatura del interior prácticamente no baja de los 25°C llegando a alcanzar temperaturas máximas cercanas a los 30°C.

De la concentración de CO₂ se obtiene información acerca de los patrones de ocupación y ventilación. En el caso de la Figura 3 en la semana más fría (semana 4) las ppm de CO₂ son mayores respecto a las otras semanas debido a la disminución de la ventilación natural (apertura de ventanas). Es decir, los patrones de ventilación están directamente relacionados con la temperatura del exterior. Es importante tener en cuenta que la concentración de CO₂ nunca va a bajar de las 400 ppm ya que es la concentración que se encuentra en el exterior.

Los perfiles de iluminación de la Figura 3 pueden considerarse iguales para todas las semanas del mes de setiembre. La potencia lumínica requerida es función de la luz natural que entre a través de las ventanas, y ésta por la posición del sol no varía sustancialmente a lo largo de un mes.

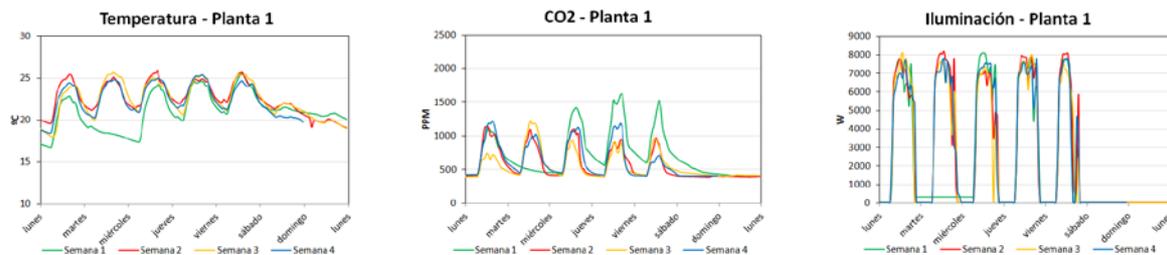


Figura 11: Medidas realizadas en el mes de enero en la planta 1

Comparando los resultados obtenidos en el mes de setiembre (Figura 3) con los del mes de enero (Figura 4) la mayor diferencia se encuentra en la temperatura del interior. De cara a interpretar los resultados gráficos de la Figura 4, hay que decir que el martes de la semana 1 era festivo (6 de enero).

Mientras en setiembre la temperatura es más dependiente de las condiciones climatológicas exteriores, en enero los perfiles son más homogéneos porque la instalación de calefacción entra en funcionamiento. La potencia lumínica requerida como es lógico es algo mayor en enero, pero los perfiles horarios se mantienen.

En este apartado el consumo de calefacción de enero no se grafica ya que en función de los datos climáticos varía cada semana. De todas maneras el horario de encendido y apagado coincide a lo largo de las semanas, y se ve que no hay actividad en el edificio durante los fines de semana.

4.2. Comparativa por plantas

Una vez se ha obtenido información de la distribución de las variables a lo largo de las semanas y en vista de que salvo por las condiciones exteriores no existen grandes diferencias, se pasa a analizar los datos por plantas para una semana en concreto (semana 3).

Las plantas 1, 2 y 3 se dedican al uso de oficinas estando compuestas por espacios abiertos y algunos despachos. El uso de la planta 0 es diferente. Los sensores de la planta 0 están situados en la zona de guardería, que es el único recinto calefactado de la planta 0. Esta diferencia es algo que se puede ver en las gráficas de temperatura y CO₂ de la Figura 5. Los perfiles de temperatura de la planta 0 varían 6°C de media, mientras que en el resto de planta las variaciones son de en torno a 2,5°C. Los descensos de temperatura de la planta 0 se pueden justificar porque el suelo no está aislado, y las pérdidas de calor a través de él a lo largo de la noche provocan esa caída de temperatura. En cuanto a

los picos máximos hay que decir que en la orientación oeste la planta 0 es la única que no dispone de algún sistema de sombreado (persianas venecianas, cortinas, vidrios tintados...).

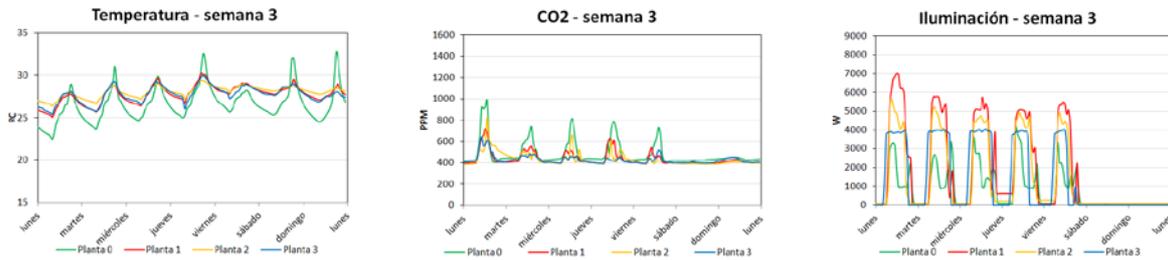


Figura 12: Medidas realizadas en el mes de setiembre en la semana 3

Salvo por el nivel de la potencia de iluminación requerida, los perfiles de setiembre (Figura 5) y de enero (Figura 6) siguen las mismas pautas. La planta 1 que es la que mayor ocupación tiene es donde mayor consumo lumínico se realiza. Mientras que en la planta 3 (la de los informáticos) el consumo se mantiene constante durante la jornada de trabajo, en las plantas 1 y 2 existen pequeñas diferencias sobre todo a la hora de la comida. En la planta 0 (la guardería) hay una caída brusca de la iluminación que luego vuelve a subir, y que coincide con la hora de la siesta de los niños y las niñas.

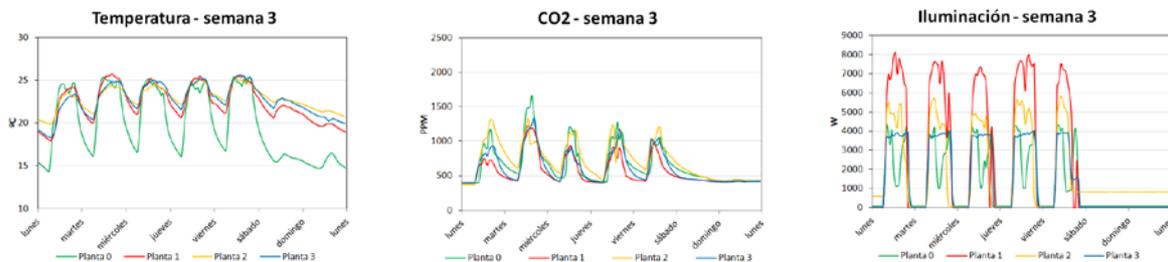


Figura 13: Medidas realizadas en el mes de enero en la semana 3

Como se ha mencionado anteriormente, las concentraciones de CO2 en invierno son mayores que las de verano debido a una menor renovación del aire interior.

En enero (Figura 6) una vez más se pone de manifiesto la caída brusca de temperatura que sufre por las noches la zona de la guardería de la planta 0. Sin embargo, durante las horas de funcionamiento de calefacción (Figura 7) se alcanzan las mismas temperaturas interiores en todas las plantas.

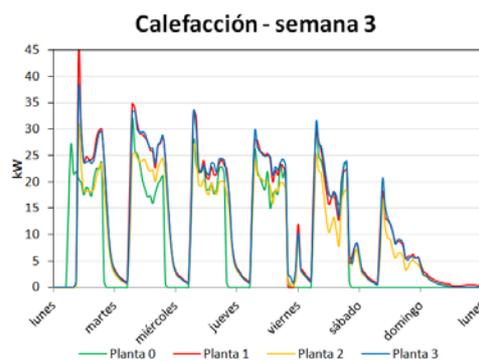


Figura 14: Medidas realizadas en el mes de enero en la semana 3

En el consumo de calefacción en todas las plantas existe un primer pico de potencia para superar las pérdidas de calor que ha habido durante la noche y que hacen descender la temperatura. Los consumos de la Tabla 2 que se dan durante el mes de enero son muy similares entre la planta 0 y la 2, y entre la planta 1 y 3. Pero si se analizan los datos por unidad de superficie calefactada se observa que los mayores consumos se dan en las plantas 0 y 3 que son las que están en contacto con el suelo y la cubierta.

Tabla 3: Consumos de calefacción por plantas en el mes de enero

	Planta 0	Planta 1	Planta 2	Planta 3	TOTAL
Calefacción [kW-h]	4949,9	6171,4	4916,0	6223,7	22260,9
Calefacción [kW-h/m²]	13,0	11,1	7,9	13,3	11,0

5. Conclusiones y consideraciones finales

Hay que tener en cuenta que uno de los objetivos del proyecto A2PBEER consiste en utilizar soluciones innovadoras en la rehabilitación. Después de analizar los datos de la monitorización del bloque oeste del Edificio de Rectorado de la UPV/EHU y de cara a la rehabilitación que se va a llevar a cabo durante el año 2015, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Gracias a la monitorización llevada a cabo, se conoce mejor el comportamiento energético del edificio de manera que se puede llevar a cabo la rehabilitación haciendo hincapié en las debilidades térmicas del edificio para perseguir el objetivo de que se convierta en un edificio de consumo casi nulo.
- A la hora de introducir datos que se necesitan para la simulación energética de edificios, a través de la monitorización también se ha conseguido información para programar los perfiles de ocupación, ventilación, iluminación y calefacción.
- En la rehabilitación se va actuar sobre la envolvente térmica del edificio. En la memoria del proyecto se ha planteado la rehabilitación mediante una fachada ventilada usando como aislante los VIP (Vacuum Insulation Panel).
- Aunque en el proyecto inicialmente no se ha planteado debido a la dificultad constructiva que conllevaría (es una actuación por el interior del edificio), hay que tener en cuenta el descenso en las temperaturas que provoca el suelo no aislado de la zona de la guardería. También habría que considerar actuar en la cubierta aumentando su aislamiento o incluso poniendo una cubierta ajardinada para mejorar también el comportamiento térmico en verano.
- En cuanto a las carpinterías se ha planteado el uso de unas ventanas reversibles cuyo factor solar varía en función de su posición. En este sentido hay que tener en cuenta que el consumo de calefacción es lo que mayor peso tiene, y por tanto en invierno conviene que el factor solar de la ventana sea lo más alto posible, para asegurar el aprovechamiento de las ganancias solares.
- En este mismo sentido, también hay que valorar la posibilidad de implementar algún sistema de sombreado para las ventanas de la planta 0, y así evitar los picos de temperatura que se alcanzan sobre las 17:00 o las 18:00.
- En el edificio de rectorado la iluminación tiene un gran peso en el consumo energético (28%). En este sentido en el proyecto se ha planteado una serie de mejoras para reducir su consumo, que consiste en introducir al edificio luz natural del exterior mediante fibra óptica, y con apoyo de iluminación por leds de intensidad regulable.
- En lo que a las instalaciones se refiere, en el proyecto de la rehabilitación convendría incluir algún sistema de refrigeración (se plantea un sistema de absorción mediante paneles solares térmicos).

6. Agradecimientos

Se quiere dar las gracias al proyecto A2PBEER que ha sido financiado a través del 7º Programa Marco de la Unión Europea para la investigación, y particularmente a la empresa Acciona que dentro del citado proyecto ha sido la encargada de colocar la sensórica y facilitar los datos de la monitorización a través de una aplicación web. A su vez, dar las gracias a los trabajadores del Edificio de Rectorado de la UPV/EHU por facilitar toda la información que se les ha requerido.

7. Referencias

DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, *Eficiencia energética de los edificios*. Diario oficial de la Unión Europea, 2010, pp. 153/13-153/35.

A2PBEER, *Affordable and Adaptable Public Buildings through Energy Efficiency Retrofitting*, Proyecto del 7º Programa Marco de la Unión Europea, 2013, www.a2pbeer.eu

CONCERTO, *The CONCERTO Technical Monitoring Database*, Programa Marco de Investigación de la Unión Europea, 2013, concerto.eu/concerto