



II CONGRESO CIUDADES INTELIGENTES

Madrid 13-14 Abril 2016

LIBRO DE COMUNICACIONES

ORGANIZA:



COLABORADOR INSTITUCIONAL:



APOYO INSTITUCIONAL:





LIBRO DE COMUNICACIONES

II Congreso Ciudades Inteligentes

13-14 Abril 2016

Madrid

Organizado por:



GRUPOTECMARED

Editado por:

Grupo Tecma Red S.L.
C/ Jorge Juan 31, 1º izq. ext.
28001 Madrid, España
Tel: (+34) 91 577 98 88
Fax: (+34) 91 101 19 33

Email: info@grupotecmared.es
Web: www.grupotecmared.es

ISBN: 978-84-608-6681-7
Depósito Legal: M-8425-2016
Copyright: © 2016 Grupo Tecma Red S.L.

Todos los derechos reservados por Grupo Tecma Red S.L. Queda prohibida la reproducción total o parcial de todos los contenidos de este libro bajo cualquier método incluidos el tratamiento digital sin la previa y expresa autorización por escrito de Grupo Tecma Red S.L.

ÍNDICE

INNOVACIÓN SOCIAL:

PRESCRIPCIÓN EN TECNOLOGÍA SMART PARA INSTITUCIONES Y EMPRESAS TRACTORAS	1
<i>Victoria Eugenia Gómez Alcázar y Joaquín Gómez Gómez</i> Centro Europeo de Empresas e Innovación de Murcia	
ECONOMÍA CIRCULAR: UNA OPORTUNIDAD PARA EL CRECIMIENTO Y LA INNOVACIÓN	6
<i>Manuel Torres, Paz Nachón y Julio Lequerica</i> Accenture Strategy	
LEGANESMART PEOPLE, INNOVACIÓN SOCIAL, FACTORÍA DE CIUDADANOS INTELIGENTES	12
<i>Virginia Moreno Bonilla y Pilar Aránzazu Herráez</i> Ayuntamiento de Leganés	
TAMTAM KIDS: MOVILIDAD EFICIENTE DE LOS NIÑOS; TRANQUILIDAD PARA LOS PADRES Y DESCONGESTIÓN DE LAS CIUDADES	16
<i>Jordi Pujol Serret y Xavier Sospreda</i> Peixe Software, S.L.	
SMARTKIDS: CONSTRUYENDO EL FUTURO DE LAS CIUDADES A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS DE LOS JÓVENES	20
<i>Lidia Parra Ortiz y Miguel Ángel Acero Álvarez</i> CTIC Centro Tecnológico	
SMART TALENT, EL TALENTO QUE NECESITAN LAS CIUDADES INTELIGENTES	26
<i>Marta Díaz Barrera y Patricia Hernández Álvarez</i> Talentoscopio	
NUEVA POLÍTICA Y VIEJOS ESPACIOS: LA ALIANZA ENTRE LOS BITS Y LAS PIEDRAS	31
<i>Carlos F. Lahoz Palacio</i> Universidad CEU San Pablo	
LAS CIUDADES INTELIGENTES ANTE EL RETO DE LA INCLUSIÓN DE LOS COLECTIVOS DISCAPACITADOS O CON NECESIDADES ESPECIALES	37
<i>Eva Muñoz, Antonio Marqués y Manuel Serrano</i> ETRA Investigación y Desarrollo, S.A.	
HUELVA OD2020: UN PROYECTO INTEGRADO PARA LA CIUDAD DEL FUTURO	43
<i>Isabel Pérez Corralejo</i> Ayuntamiento de Huelva	
BIG DATA Y ALGORITMOS INTELIGENTES PARA SMART CITIES	49
<i>Álvaro Romero Miralles y Julia Díaz García</i> Instituto de Ingeniería del Conocimiento (IIC)	
MOVILIDAD URBANA:	
OUTBARRIERS – “CIUDADES PARA TODOS SUS CIUDADANOS”	54
<i>José Manuel Robles Hermoso y Adrián Martínez Rojas</i> Digitalilusion, S.L.	
MADRID OPENLABMOBILITY – SISTEMA ABIERTO PARA LA MOVILIDAD EN CIUDADES INTELIGENTES	60
<i>Andrés Recio</i> Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT)	
CMC-URBAN – CIUDADANOS CONECTADOS POR UNA MEJOR MOVILIDAD URBANA	63
<i>Enrique Pindado Santos</i> Consultoría Tecnologías de Información y Comunicaciones, S.L.	
BIG INFORMATION DE MOVILIDAD DE CIUDADES INTELIGENTES MEDIANTE IDENTIFICACIÓN BLUETOOTH	69
<i>Juan José Vinagre Díaz, Ana Belén Rodríguez González, Mark Wilby y Vicente Domínguez Cubo</i> simplicity	
WCT: WALKABILITY CITY TOOL, UNA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE LA CAMINABILIDAD	75
<i>Isabel Pérez-Illzarbe Serrano, Cristina Rivas Allo y Miguel Zuza Aranao</i> Suma-USC	
HACIA UNA GESTIÓN INTELIGENTE DE LA LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILLA	81
<i>Ana Herrera Alcubilla</i> GMV	

PMR-DINYPARK – GESTIÓN DE PLAZAS DE APARCAMIENTO PARA PERSONAS DE MOVILIDAD REDUCIDA	86
<i>Roberto García Lafuente</i> Dinycon Sistemas	
DATOS ABIERTOS (OPEN DATA) COMO CATALIZADOR DE LA MOVILIDAD URBANA	92
<i>Martín Álvarez Espinar y Luis Jesús García Fernández</i> W3C, CTIC Centro Tecnológico	
MOVEUS, FOMENTANDO HÁBITOS DE MOVILIDAD SOSTENIBLE POR MEDIO DE TECNOLOGÍA	98
<i>Sergio Campos y Susana Palomares</i> ITC-OPTIMA, TECNALIA R&I y MOVEUS CONSORTIUM	
CITRAM, CENTRO DE INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE LA MOVILIDAD DEL CONSORCIO REGIONAL DE TRANSP. DE MADRID	104
<i>Dionisio González, Tomás Melero, Nuria Blanco y Fernando Galeote</i> Consortio Regional de Transportes de Madrid	
ANÁLISIS INTELIGENTE DE DATOS PARA SUPERVISIÓN DEL TRÁFICO	110
<i>Fidel Díez Díaz y Daniel Sánchez Valdés</i> CTIC Centro Tecnológico	
EL PROYECTO DE SMART MOBILITY EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO. EL CASO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA	116
<i>Rafael Requena Valiente y Maribel Arcos Garrido</i> Universidad Autónoma de Barcelona	
MOVILIDAD COMO SERVICIO, LA SOLUCIÓN A LOS ACTUALES PROBLEMAS DE LA MOVILIDAD URBANA: USAR LA TECNOLOGÍA PARA PONER EN EL CENTRO AL CIUDADANO Y AL MEDIOAMBIENTE	122
<i>Antonio Marqués, Manuel Serrano y Patricia Bellver</i> ETRA I+D	
REMOURBAN: HACIA EL DESARROLLO DE LA MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE EN LAS SMART CITIES	128
<i>Francisco Javier Olmos Herguedas, M^a Ángeles Gallego de Santiago, Clemente Cárdenas Cuevas y Santiago Warncke Pérez</i> Fundación CARTIF y AUVASA	
BICIMETRO, ¿CÓMO CIRCULAR DE FORMA SEGURA Y RÁPIDA EN BICICLETA POR TU CIUDAD? EXPERIENCIA EN LA CIUDAD DE VALLADOLID	134
<i>Eduardo Bustillo Holgado</i> GEOCyL Consultoría, S.L.	
TAXI, SOLUCIÓN A LA MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE, IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS (TELE-TAXI) Y APORTACIÓN A INSTITUCIONES DE BIG DATA	140
<i>Jesús Fernández Matellanes</i> Federación Profesional del Taxi de Madrid	
SOLUCIONES DE MOVILIDAD URBANA EN MODO PEATÓN, TRANSPORTE PÚBLICO Y AUTOMÓVIL A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA DE HERE MAPS	146
<i>Pedro Martínez</i> HERE (Audi AG&BMW Group & Daimler AG Consortium)	
CONECTIVIDAD PARA LA MEJORA DE LA MOVILIDAD URBANA	152
<i>Luis Molero Castro y Federico Olavarri</i> Ericsson España, S.A.	
GENERAR MODELOS DE NEGOCIO PARA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA DE LOS EMPLEADOS	158
<i>Jose Manuel Pardo Gotor, Virginia Ocio de la Fuente y Alfredo Oroval Oria de Rueda</i> Endesa	
EFICIENCIA ENERGÉTICA, GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, HABITABILIDAD Y RECURSOS URBANOS:	
ANÁLISIS DE INICITATIVAS “GRID 2.0” Y LA INTRODUCCIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUÍDA. ESQUEMAS DE PRECIOS	164
<i>Alberto Quintanilla Cabañero</i> Smart & City	
DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INTEGRAL DE SANTANDER	170
<i>José Antonio Teixeira Vitienes</i> Ayuntamiento de Santander	
SERVICIOS SMART SANTANDER EN EL ÁMBITO DE LA EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL	176
<i>José Antonio Teixeira Vitienes</i> Ayuntamiento de Santander	
PLATAFORMA DE GESTIÓN COLABORATIVA DE ENERGÍA PARA INFRAESTRUCTURAS A NIVEL DE VECINDARIO	182
<i>Francisco Javier Díez Trinidad, Christian Baraja, Álvaro García, Joseba Iturregui y Bittor Laraudogoitia</i> IK4-Tekniker y Bilbao Exhibition Centre	

MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE HUMEDALES PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN COMUNIDADES INTELIGENTES SOSTENIBLES	188
<i>Asier González Gómez, Irene Carlos Lorenzo, Álvaro Palomo Navarro, Jaime Mancebo Galán, Abraham Esteve-Nuñez y Juan José Salas Rodríguez</i>	
Aqua Consult Ingenieros, IMDEA Agua y Fundación CENT	
PREDICCIÓN EN EL MERCADO ELÉCTRICO: MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ORIENTADO A "INTERNET OF THINGS" (PRIOTS)	193
<i>Sergio Navarro Sánchez, Antonio Vicente Contreras, Amparo Roca Sabater, Francisco Esquembre Martínez, Ángel J. García Collado e Iván Leandro Peñalver</i>	
Artificial Intelligence Talentum, Universidad de Murcia y Universidad Católica San Antonio de Murcia	
MÉRIDA SMART CITY COMO PILAR DE LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DEL PLAN DE ACCIÓN PARA LA ENERGÍA SOSTENIBLE	199
<i>Fco. Javier Montero Larizgoitia</i>	
Ayuntamiento de Mérida	
SMART CITY JAÉN, ACTUACIONES HACIA UN MODELO DE CIUDAD MÁS SOSTENIBLE Y FUTURAS PERSPECTIVAS	205
<i>Manuel Herrador Muñoz y Francisco Ramón Feito Higuera</i>	
Universidad de Jaén	
PROYECTO "HOJAS DE RUTA PARA LA ENERGÍA". DISEÑANDO LA CIUDAD QUE NECESITAMOS	211
<i>Jaime Ruiz Huéscar</i>	
Ayuntamiento de Murcia	
SOLUCIÓN DE OPTIMIZACIÓN Y CONTROL PARA SISTEMAS DE GENERACIÓN RENOVABLE Y DE ALMACENAMIENTO AGREGADOS Y DISTRIBUIDOS EN CIUDADES	218
<i>Cosmin Koch Ciobotaru, Alicia Arce, Santiago Blanco y Ricardo Galán de Vega</i>	
Fundación Ayesa	
STARTLIGHT CITIES: RETO MEDIOAMBIENTAL, CULTURAL Y CIENTÍFICO DEL S. XXI EN LAS SMARTCITIES	224
<i>Susana Malón Giménez</i>	
Lumínica Ambiental	
LIFE EWAS: GESTIÓN INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS PÚBLICOS	230
<i>Jose Antonio Cabo Valdés y Jose Antonio Morales Sánchez</i>	
Grupo Wellness Telecom	
CASOS DE ÉXITO DE TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN 30 MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE CÁDIZ	236
<i>Purificación Amaya Trinidad y Álvaro Díaz Aguilar</i>	
Sinapse Energía	
GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN ENTORNOS URBANOS MEDIANTE ESTACIONES DE MEDICIÓN DE RUIDO Y SONÓGRAFOS REGISTRADORES	241
<i>José Ignacio Riesco García y Marco Lora Espinel</i>	
Audiotec Ingeniería Acústica, S.A.	
SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE FRENTE A INCENDIOS FORESTALES EN ZONAS DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL: APLICACIÓN AL VEDAT DE TORRENT (VALENCIA)	245
<i>Manuel Herrero Mas, Xavier Salas Trejo, Jorge Martínez Corral, Guillermo Biot Marí y Marina C. Martínez Corral</i>	
Ayuntamiento de Torrent y Nuevas Tecnologías Forestales, S.L.	
CONSTRUYENDO CIUDADES INTELIGENTES CON BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	251
<i>Pedro Ignacio Moreno Cuéllar y Emilio Sánchez Escámez</i>	
Ingeniería y Diseño Estructural Avanzado, S.L. e IDEA Ingeniería, S.L.	
SOLUCIONES NATURALES PARA LOS RETOS URBANOS EN LA CIUDAD DE ALICANTE	257
<i>Antonio Sánchez Zaplana, Daniel Simón Plá y Javier Morales Belvis</i>	
Aguas de Alicante Empresa Mixta y Ayuntamiento de Alicante	
CITI-SENSE: METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS, CAPACITAR A LOS CIUDADANOS PARA OBSERVAR EL CONFORT AMBIENTAL EN ESPACIOS PÚBLICOS DE LA CIUDAD	263
<i>Itziar Aspuru, Igone García, Juan Ángel Acero y Karmele Herranz-Pascual</i>	
Tecnalia	
MADRID SUBTERRA: UN CASO DE ÉXITO EN EL FOMENTO DEL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL SUBSUELO URBANO	269
<i>Armando Uriarte, Aitor Ugarte y Rebecca Lamas</i>	
Asociación Madrid Subterra	
SCEPA, LA PLATAFORMA PARA FOMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS SMART CITIES	275
<i>Cristina Bello y María Luisa Mirantes</i>	
Xeridia	
DISTRICT OF FUTURE: MÁS ENERGÍAS RENOVABLES, MENOS CONSUMO ENERGÉTICO, MÁS AHORRO	281
<i>Rubén Cánovas Mas, Miguel Fontela Martínez, Eduard Benasques Borau, Adriana Anguera Jordà</i>	
Exeleria y everis	

PROYECTO TRIBE: TICS PARA CAMBIAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS CIUDADANOS EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS	287
<i>Eduardo Cembrano, Diego Magallón, Alberto Jáñez, Christiane Reischl y Lidia Godoy</i> Fundación CIRCE, Universidad de Graz y ACCIONA Infraestructuras, S.A.	
PONIENDO LA ENERGÍA INTELIGENTE AL SERVICIO DE LOS CIUDADANOS	293
<i>Lola Alacreu García y Antonio Marqués Moreno</i> ETRA I+D	
LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y SU IMPACTO EN LAS CIUDADES DE HOY – LA IMPORTANCIA DE SU CONTROL Y GESTIÓN	297
<i>Marc Boher y Tania Josa</i> Urbiotica	
SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICO-AMBIENTAL INTELIGENTE PARA LA CONSECUCCIÓN DE ÁREAS OPTIMIZADAS ENERGÉTICAMENTE EN LAS SMART CITIES	302
<i>Lorena Jiménez Chillarón, Andrés Lluna Arriaga, Javier Monreal Tolmo y Antonio L. Lagarda Arroyo</i> ITE (Instituto Tecnológico de la Energía) e ITI (Instituto Tecnológico de la Informática)	
OPORTUNIDAD DE TRANSFORMACIÓN URBANA INTELIGENTE TRAS UNA CATÁSTROFE – CASO DEL BARRIO DE LA VIÑA EN LORCA	308
<i>Juan Miguel Navarro Ruiz, Juan Emilio Noriega Linares y Salvador Martínez Periago</i> Universidad Católica San Antonio de Murcia y Centro Tecnológico de la Construcción Región de Murcia	
METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LA EDIFICACIÓN RESIDENCIAL Y SU NIVEL DE EFICIENCIA MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	314
<i>Sergio García-Pérez, Jesús Boschmonart-Rives y Jorge Sierra-Pérez</i> Universidad de Zaragoza, Universitat Autònoma de Barcelona y Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza	
TERRITORIO DE INNOVACIÓN SALUDABLE L'ALFAS DEL PI - ALICANTE	320
<i>Vicente Andrés Soler Soler</i> Ayuntamiento L'Alfas del Pi	
IARBOL: GESTIÓN DE LOS ÁRBOLES Y ESPACIOS VERDES EN LA CIUDAD	326
<i>Camille Pelloquin y Laura Moreno</i> Starlab Barcelona	
GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, MOVILIDAD Y SERVICIOS INTELIGENTES	332
<i>Elvira Badenes Navarro</i> Ayuntamiento de Alcantarilla	
MAWIS SMART WASTE	338
<i>Marc Pascual</i> MOBA	
ESTRATEGIA DE DESARROLLO URBANO, SOSTENIBLE E INTEGRADO “ALZIRA AVANZA”	343
<i>Victor Almonacid Lamelas y Carmen Herrero Pardo</i> Ayuntamiento de Alzira	
GESTIÓN INTELIGENTE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS PÚBLICOS:	
ARROYOMOLINOS: HACIA UN NUEVO MODELO DE CIUDAD	349
<i>José Manuel Artés</i> Ayuntamiento de Arroyomolinos	
EL DISEÑO INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURAS SERÁ LA SOLUCIÓN “A PRIORI” PARA LOS DESARROLLOS URBANÍSTICOS	355
<i>Ana Isabel Menéndez Suárez</i> EFINCO	
MEDIDORES VIRTUALES EN CIUDADES INTELIGENTES, ¿SE PUEDE MEDIR SIN MEDIR?	361
<i>Nerea Vilela Barreira, Anxo D. Feijóo Lorenzo y Pedro Pérez Gabriel</i> EcoMT	
GESTIÓN INTEGRADA DE LA CIUDAD: PLATAFORMA SANTANDER SMART CITY	367
<i>José Antonio Teixeira Vitiennes</i> Ayuntamiento de Santander	
PLAN ESTRATÉGICO SANTANDER SMART CITY: CAMBIO DE MODELO DE GESTIÓN DEL AYUNTAMIENTO	373
<i>José Antonio Teixeira Vitiennes</i> Ayuntamiento de Santander	
UN NUEVO PASO HACIA LA “SMART CITY”: INSTALACIÓN DE IPAVEMENT EN BRUNETE (MADRID)	379
<i>Borja Gutiérrez Iglesias</i> Ayuntamiento de Brunete	

PLATAFORMA SOSTENIBLE PARA EL SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES FRENTE A SITUACIONES DE EMERGENCIAS EN SMART CITIES	385
<i>Álvaro Abascal Blanco</i> Universidad de Sevilla	
REGISTRO URBANO "THINGS": METODOLOGÍA COLABORATIVA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS Y ACTORES MUNICIPALES	391
<i>Ignacio Arnaiz Eguren y Enrique Ruz Bentué</i> ARNAIZ	
METODOLOGÍA PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES	397
<i>Tomás Llorente Aguado, Domingo Gómez Orea y Bernardino Benito López</i> Administración Pública, Universidad Politécnica de Madrid y Universidad de Murcia	
CÓMO PUEDEN BENEFICIAR LAS SINERGIAS DEL FACILITY MANAGEMENT EN EL ÁMBITO DE UNA "SMART PROVINCIA"	403
<i>Francisco Ribes Revuelto</i> FAMA SYSTEMS	
PROYECTO +CITIES: MAPPING SMART CITIES SITUATION – THE SPANISH CASE	407
<i>Neus Baucells Aletà, Concepción Moreno Alonso y Rosa M. Arce Ruiz</i> TRANSyT Universidad Politécnica de Madrid y ETSI Caminos, Canales y Puertos de Madrid	
PAPELERAS AUTOMÁTICAS EN ÁREAS URBANAS CON ALTA CONCENTRACIÓN DE VISITANTES	413
<i>Carlos Bernad</i> ENVAC IBERIA, S.A.	
LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES INTELIGENTES, BASADA EN LA INTEGRACIÓN INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURA, GENERACIÓN DE ENERGÍA, MOVILIDAD Y EDIFICIOS	419
<i>Michael Sartor</i> Asociación KNX España	
LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS EN EL MARCO DE LA SMART CITY	425
<i>Carlos Bernad</i> ENVAC IBERIA, S.A.	
LA TARJETA CIUDADANA, CASO PRÁCTICO PARA LA IMPLANTACIÓN DE POLÍTICAS SOCIALES: EL TAXI PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA	431
<i>Carlos Alocén Alcalde, Conrado Toro Ara y Carlos Founaud Cabeza</i> Ayuntamiento de Zaragoza, Webdreams y Grupo Oesía	
EL RETO DE LOS DATOS EN LAS SMART CITIES	437
<i>Inés Huertas, Carlos Izquierdo y Jorge Vidal</i> Datatons	
PLATAFORMA PARA UNA GESTIÓN INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURAS DE CIUDAD	442
<i>Nuria Jiménez</i> Logitek	
REDES INTELIGENTES DE GESTIÓN: SMART CITIES A COSTE CERO	447
<i>Jorge Fernández de Caleyá y Raúl Santos Álvarez</i> Zwit Project, S.L.	
GESTIÓN INTELIGENTE DEL RIEGO DE ZONAS VERDES EN LA CIUDAD DE VITORIA-GASTEIZ; RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO LIFE11 ENV/ES/615	452
<i>Aitor Albaina Vicanco y Asier Sarasua Garmendia</i> Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz	
ALLWASTE: GESTIÓN INTEGRAL DE LA RECOGIDA DE RESIDUOS Y LIMPIEZA VIARIA	457
<i>Pablo Cabricano Sánchez y Eva Álvarez Guevara</i> everis	
VODAFONE CIUDAD CONECTADA: GESTIÓN INTELIGENTE DE CIUDADES DE TAMAÑO MEDIO EN MODO SAAS	463
<i>Alicia Mancheño Plaza</i> Vodafone España, S.A.U.	
RECUPERACIÓN Y USO DE LOS RECURSOS TERMODINÁMICOS DEL SISTEMA DE TÚNELES DE CALLE 30 EN MADRID	469
<i>Luis de Pereda Fernández, Manuel Mallo Sanz, José Fernández Álvarez y Marta Durando Domínguez</i> ENERES Sistemas Energéticos Sostenibles	
SIMULADOR PARA CIUDADES INTELIGENTES	475
<i>Ana Rubio Ruiz, David Villa, María J. Santofimia, Félix J. Villanueva y Juan Carlos López</i> Universidad de Castilla-La Mancha	
INFRAESTRUCTURAS Y PROCESOS INTEGRADOS EN EL ENTORNO SMART CITY: EL PROYECTO FARO REMOURBAN	481
<i>Cristina Bello, María Luisa Mirantes, Cristina de Torre Minguela, Susana Martín Toral y Miguel Á. García-Fuentes</i> Xeridia y Fundación CARTIF	

SMARTPLATFORMCITY: SERVICIOS DE VALOR MEDIANTE EL SEGUIMIENTO/ANÁLISIS DE LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS CIUDADANOS	487
<i>Ignacio Gurría de la Torre, Daniel Menchaca Martínez y Javier Gurría de la Torre</i> JIG Internet Consulting y Get-App Spain	
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LAS CIUDADES INTELIGENTES – LA CIUDAD COMO GENERADORA DE DATOS	492
<i>Pablo Rodríguez Bustamante</i> GEOCyL Consultoría Ambiental y Territorial	
CARACAS EN UN CLICK, COLOCA TODA LA CIUDAD EN TUS MANOS – UNA APLICACIÓN QUE NO REQUIERE INSTALACIÓN, SOLO HACIENDO CLICK PODRÁS VISUALIZAR, CONSULTAR Y CONOCER MAPAS SOBRE CARACAS DE MANERA INTERACTIVA	498
<i>Zulma Bolívar e Ylsi Vásquez</i> Alcaldía Metropolitana de Caracas	
SMART CAMPUS, UN ENTORNO INTELIGENTE PARA LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA	504
<i>Rafael David Rodríguez Cantalejo, Antonio Luis Prieto Sánchez, Antonio J. Cubero Atienza y Francisco Javier Vázquez Serrano</i> Universidad de Córdoba	
PROYECTO MIMURCIA: APROXIMAR EL AYUNTAMIENTO AL CIUDADANO	510
<i>José Guillén Parra, Mercedes Hernández Martínez, José Martínez Márquez, Juan A. Romera Vivancos, Antonio F. Skarmeta Gómez y Juan A. Martínez Navarro</i> Ayuntamiento de Murcia y Universidad de Murcia	
HACER VISIBLE LO INVISIBLE – UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD URBANA DESDE EL USO DE LA TECNOLOGÍA	516
<i>Daniel Navas-Carrillo y Verónica Bueno-Pozo</i> Universidad de Sevilla	
GESTIÓN INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS PÚBLICOS	522
<i>Carlos Ventura Quilón y Roberto Milán Navarro</i> Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid y UVAX	
INSPECCIONES MUNICIPALES PARA LA GESTIÓN INTELIGENTE DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS, DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y DE LA GESTIÓN ECONÓMICA DE LA CIUDAD	527
<i>Félix Martín Gordo, Javier Delgado Bermejo e Ignacio Niharra Linaza</i> Ayuntamiento de Madrid e IBM Global Services España, S.A.	
GESTIÓN CENTRALIZADA DE INFRAESTRUCTURAS EN LAS CIUDADES INTELIGENTES	533
<i>Óscar López Tresgallo, Miguel Sierra Sánchez e Inna Alexeeva</i> FIELDEAS, S.L. y CIC Consulting Informático, S.L.	
EJEMPLO REAL DE INTEGRACIÓN DEL CONTROL DE ALUMBRADO PÚBLICO CON EL SISTEMA DE GESTIÓN EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES	539
<i>Santiago Julián y Ricardo Martins</i> Philips Lighting - Iberia	
GOBIERNO, ECONOMÍA Y CIUDADANÍA:	
SANTANDER OPEN INNOVATION: FOMENTO EL EMPRENDIMIENTO A TRAVÉS DEL OPEN DATA	544
<i>José Antonio Teixeira Vitienes</i> Ayuntamiento de Santander	
PERCEPCIÓN DEL CIUDADANO DE LAS POLÍTICAS SMART CITY: EL CASO DE LA CIUDAD DE MÁLAGA	550
<i>Eva M. Sánchez y Guillermo Bermúdez González</i> Universidad de Málaga	
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DEL ESTADO SMARTCITY DE UNA CIUDAD	556
<i>Leo García y Samuel Matarranz</i> Grupo Tyspa	
DOCUMENTO DE VISIÓN A 2030, GICI – GRUPO INTERPLATAFORMAS DE CIUDADES INTELIGENTES, SMART CITIES	562
GICI – Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes	
WELIVE – UN NUEVO CONCEPTO DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA BASADA EN LOS CONTENIDOS Y SERVICIOS DIGITALES CO-CREADOS CON/POR LOS CIUDADANOS	568
<i>Jorge Pérez Velasco y Diego López-De-Ipiña</i> TECNALIA Research & Innovation y Universidad de Deusto	
DESARROLLO DE UN PLAN ESTRATÉGICO TERRITORIAL CON ENFOQUE DE “SMART CITY” PARA UNA CIUDAD PEQUEÑA	574
<i>Vicente Cerverón-Lleó, Jorge Hermosilla Pla, Jesús Soret Medel, Juan José Martínez Durá, Josep Vicent Boira Maiques, Emilio Irazzo García, Joan Enric Úbeda García y Sandra Mayordomo Maya</i> Universitat de València	
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES APLICADA A CIUDADES ESPAÑOLAS	580
<i>Concepción Moreno Alonso, Rosa M. Arce Ruiz y Neus Baucells Aletà</i> UPM	

LA EXPERIENCIA DE TARRAGONA – SMART MEDITERRANEAN CITY	586
<i>Santiago Castellà Surribas</i> Universitat Rovira i Virgili	
GUÍA PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DEL GOBIERNO MUNICIPAL Y EL DESARROLLO COMO CIUDAD INTELIGENTE	590
<i>Carmen Mayoral Peña</i> FEMP Federación Española de Municipios y Provincias	
PLATAFORMA VALENCIA CIUDAD INTELIGENTE (PLATAFORMA VLCI): PRIMEROS RESULTADOS	594
<i>Paula Llobet Vilarrasa</i> Ayuntamiento de Valencia	
PLATAFORMA INTEGRAL DE ADMINISTRACIÓN ELECTRÓNICA (PIAE): RESULTADOS A UN AÑO DE SU DESPLIEGUE	600
<i>Vicente Rodrigo Ingesa</i> Ayuntamiento de Valencia	
PROCEDIMIENTOS ELECTRÓNICOS E INFRAESTRUCTURAS DE MOLINA DE SEGURA SMART CITY PARA GOBIERNO Y CIUDADANÍA	606
<i>Remedios López Paredes y José Antonio Milanés Murcia</i> Ayuntamiento de Molina de Segura (Murcia)	
PLATAFORMA SMART CITY PARA LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL DE BOGOTÁ	612
<i>Mikel Barrado, José Luis Izkara, Ekain Artola, Álvaro Arroyo, Jose Antonio Sanchez e Irune Badiola</i> TECNALIA Research & Innovation y Estudios GIS	
CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA ISO 37120 PARA CIUDADES PERTENECIENTES A LA RECI	618
<i>Javier García, Raffaele Sisto, Cristina Armuña, Alberto Arenal y Sergio Ramos</i> Smart&City Platform, Universidad Politécnica de Madrid y UNED	
EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE INDICADORES EN RANKINGS DE SMART CITIES	624
<i>Celestino García Arias y Benjamín Augusto López Rodríguez</i> Ayuntamiento de Santiago de Compostela e ISOPOLIS	
HACKEANDO LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS MUNICIPALES: MEJORA DE LA VIDA CIUDADANO A TRAVÉS DE SOFTWARE Y HARDWARE LIBRE Y OTRAS HERRAMIENTAS DEL BIEN COMÚN	630
<i>Daniel Simón Plá y Javier Morales Belvis</i> Ayuntamiento de Alicante	
SMART URBAN PLANING. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PLANIFICACIÓN URBANA	635
<i>Jorge Arribas Castañeyra</i> Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	
NORMAS TÉCNICAS PARA LAS CIUDADES INTELIGENTES EN ESPAÑA – ACTIVIDAD DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN CTN 178 “CIUDADES INTELIGENTES” DE AENOR	641
<i>Tania Marcos Paramio</i> Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)	
GESTIÓN AVANZADA DE CIUDAD CON BASE ANALÍTICA: TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	647
<i>Natalia Maeso Osta</i> Deloitte	
PROYECTOS INTELIGENTES Y GOBERNANZA EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	653
<i>Guillermo Velázquez, Victoria Fernández Áñez, Fiamma Perez Prada y Andrés Manzón de Cáceres</i> TRANSyT – UPM	
NUEVAS PROFESIONES PARA NUEVOS ENTORNOS. EL PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA INFORMÁTICA EN LAS CIUDADES INTELIGENTES	659
<i>Manuel Felipe Pérez Pérez</i> Asociación de Titulados en Ingeniería Informática ALI	
CIUDADANOS COSMOPOLITAS EN RED: LA DIMENSIÓN INTERNACIONAL DE LAS CIUDADES	665
<i>Paz de Torres</i> Asociación por la Calidad y Cultura Democráticas	
SEGURIDAD Y SERVICIOS ASISTENCIALES A LAS PERSONAS:	
VIRTUAL E360 – VIRTUALIZACIÓN DE PLANES DE SEGURIDAD Y AUTOPROTECCIÓN Y PLATAFORMA DE INTEGRACIÓN	671
<i>Juan Antonio Osaba Arenas y Santiago Ribera Cárcamo</i> Mass Security Solutions, S.L.	
DISEÑO DE UN ASISTENTE VIRTUAL PARA PROMOVER LA ACTIVIDAD FÍSICA EN PERSONAS MAYORES	677
<i>Sonia García Fernández, Alberto Castaño Gutiérrez, Ángel Retamar Arias, Juan Luis Carús Candás, Roberto González Rodríguez, José Antonio Labra, José Gutiérrez, Fidel Díez Díaz, Gloria López Díaz y Jaime Menéndez Llana</i> Fundación CTIC, Mancomunidad Comarca de la Sidra y Sociedad Gerontológica y Geriátrica del Principado de Asturias	

LOS EDIFICIOS SOCIOSANITARIOS EN LAS CIUDADES DEL FUTURO	683
<i>Emilio Medina Romero, Enrique López Ruiz, Agustín Rodrigo Ausín y Juan Gabriel Pérez Santacecilia</i>	
COIT	
 DESTINOS TURÍSTICOS INTELIGENTES:	
FOMENTO DE ACTUACIONES COLABORATIVAS ENTRE STARTUPS – UN GRAN EJEMPLO; TRAVELSAWY: SMART TOURISM DESTINATION PROJECT	689
<i>Victoria Eugenia Gómez Alcázar y Joaquín Gómez Gómez</i>	
Centro Europeo de Empresas e Innovación de Murcia	
PALMA DE MALLORCA DESTINO INTELIGENTE – FREE WIFI 365 DÍAS. SMART WIFI PALMA	693
<i>Tomeu Crespi Seguí</i>	
Consorcio Urbanístico de la Playa de Palma y Smart Office Palma	
DESTINO TURÍSTICO INTELIGENTE: CULTURA Y ENTRETENIMIENTO	699
<i>Cristoffer Adrián Hernández y Belén Benito Blázquez</i>	
Odilo	
DISEÑO DE UN ECOSISTEMA TIC BASADO EN SERVICIOS TURÍSTICOS INTELIGENTES. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRATEGIA TURÍSTICA DE LAS CIUDADES	705
<i>José Ventura Zarza Cortés</i>	
Magtel Operaciones	
DESTINOS TURÍSTICOS MÁS SOSTENIBLES E INTELIGENTES BASADOS EN DATOS: ACTUAR PARA TRANSFORMAR	711
<i>Alberto Masa Moras y Concepción Rodríguez Illana</i>	
Altran Innovación, S.L.	
CONJUGAR TURISMO Y SOSTENIBILIDAD DE CIUDAD: ENFOQUE METODOLÓGICO PARA GESTIONAR LOS ACTIVOS TURÍSTICOS Y EL CONOCIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DEL TURISTA A TRAVÉS DE SOLUCIONES INNOVADORAS	717
<i>Ester Manzano Pelérez y Concepción Rodríguez Illana</i>	
Altran Innovación, S.L.	
HERRAMIENTA DE GESTIÓN INTEGRADA PARA SMART CITIES TURÍSTICAS – DESARROLLO DUSI EN LA MANGA DEL MAR MENOR (MURCIA)	723
<i>Enrique Mínguez Martínez, María Vera Moure y Diego Meseguer García</i>	
Universidad Católica San Antonio de Murcia y Enrique Mínguez Arquitectos	
EL CONOCIMIENTO COMPARTIDO COMO CLAVE DE LA INTELIGENCIA COMPETITIVA EN LOS DESTINOS TURÍSTICOS: EL PROYECTO BOOKING MONITOR	729
<i>F. Javier Solsona Monzonís, David Giner Sánchez y Josep A. Ivars Baidal</i>	
Agència Valenciana del Turisme y Universidad de Alicante	
DISEÑANDO DESTINOS TURÍSTICOS INCLUSIVOS; CREANDO DESTINOS TURÍSTICOS INTELIGENTES	735
<i>Mª Dolores Muñoz de Dios, Jesús Hernández-Galán y Yolanda Mª de la Fuente Robles</i>	
Universidad Internacional de Andalucía y Fundación ONCE	
 ISLAS Y TERRITORIOS RURALES INTELIGENTES:	
NUEVOS LAGOS SUSTENTABLES Y SUS “TERRITORIOS INTELIGENTES” ASOCIADOS	741
<i>Antonio Lamela y Concha Esteban</i>	
Estudio Lamela	
LA TERRA QUENTE TRANSMONTANA: UN TERRITORIO RURAL Y DIGITAL	747
<i>António José Pires Almor Branco</i>	
Asociación de Municipios de la Terra Quente Transmontana	
INICIATIVAS PARA NÚCLEOS RURALES INTELIGENTES: EL CASO DE SIMANCAS (VALLADOLID)	753
<i>Luis Hernández Blanco y Rosa Bellido Pla</i>	
Ayuntamiento de Simancas	
UN MODELO DE REGIÓN INTELIGENTE PARA TERRITORIOS INSULARES	759
<i>Félix Herrera Priano y Rafael López Armas</i>	
Universidad de La Laguna y Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación de Canarias	

SOLUCIÓN DE OPTIMIZACIÓN Y CONTROL PARA SISTEMAS DE GENERACIÓN RENOVABLE Y DE ALMACENAMIENTO AGREGADOS Y DISTRIBUIDOS EN CIUDADES

Cosmin Koch Ciobotaru, Researcher, Fundación Ayesa
Alicia Arce, R&D Project Manager, Fundación Ayesa
Santiago Blanco, CTO, Fundación Ayesa
Ricardo Galán de Vega, Director, Fundación Ayesa

Resumen: Este artículo presenta la solución avanzada desarrollada por Fundación Ayesa para la gestión de sistemas de generación renovable y almacenamiento energético instalados en edificios, y sus resultados. Esta solución proporciona una herramienta de apoyo a la toma de decisión y así como de operación automática de dichos sistemas, cuando están agregados y explotados por una compañía de servicios energéticos (ESCO). Dicha solución permitirá a las ESCOs participar en la negociación de servicios energéticos en diferentes mercados para maximizando la rentabilidad y permitiendo nuevos modelos de negocio para los sistemas de generación y almacenamiento. De esta manera se acelerará la integración de fuentes de energía renovable en las ciudades y los beneficios medioambientales que esto conlleva. La solución ha sido particularizada y validada en simulación para el caso de la isla de Borkum en Alemania y en el marco del proyecto H2020 Netfficient se va a pilotar en 29 casas, 5 edificios y una red de iluminación viaria, todos equipados con paneles fotovoltaicos y dispositivos de almacenamiento energético heterogéneos.

Palabras clave: Redes Eléctricas Inteligentes, Almacenamiento Energético, Algoritmos, MPC, Optimización, Demostrador Piloto, Servicios de Red, Mercados Energéticos

INTRODUCCIÓN

Actualmente las ciudades están sufriendo una constante transformación para adaptarse a los cambios sociales, económicos y medio ambientales. En concreto, estudios estadísticos revelan una tendencia creciente de consumo de energía en las ciudades modernas donde el inventario actual de edificios está cerca de 160 millones en la Europa de los 25, y representa en torno al 40% del consumo energético y el 36% de las emisiones de CO₂ totales de la Unión Europea (EU), según los estudios de la Comisión Europea (European Commission, 2016). Este hecho se ve acentuado por la tendencia creciente de la población a moverse de las zonas rurales a las urbanas. Naciones Unidas (UN) estima que para el 2050, el 66% de la población del mundo será urbana, en comparación con el 54% de población urbana del 2014 y el 30% en 1950 (United Nations, 2014). Por tanto, los retos energéticos a los que se enfrentan las ciudades requieren nuevas soluciones inteligentes que les den respuesta.

Los continuos avances en diversas tecnologías hacen posible que, en un futuro cercano, se puedan materializar nuevas soluciones energéticas dentro del concepto de ciudades inteligentes. Entre las tecnologías en estado de madurez avanzado, se encuentran los recursos renovables energéticos distribuidos e integrados en edificios, los vehículos eléctricos, la respuesta a la demanda, los sensores cognitivos, las comunicaciones rápidas y seguras, el procesamiento de Big Data, los algoritmos de control y un amplio uso y fácil acceso a los sistemas embebidos.

El trabajo que se presenta en este artículo combina algunas de estas tecnologías e integra el almacenamiento energético a nivel de edificios y hogares, con el objetivo de mejorar el aprovechamiento de las energías renovables, y reducir las pérdidas por transmisión y los costes de operación. Como resultado, se reducirán también las emisiones de gases de efecto invernadero, y mejorará el retorno de la inversión en tecnologías renovables y de almacenamiento a nivel local y, por tanto, la penetración de estas tecnologías.

Además, este trabajo provee una solución para tratar con otros severos problemas que las ciudades modernas están padeciendo, como la sobrecarga de las líneas eléctricas que alimentan a las ciudades, los flujos esporádicos de potencia invertidos, producidos cuando la generación local excede el consumo, y el control de los niveles de voltaje entre las alimentaciones, debido al consumo y generación distribuida variables. Es importante remarcar los beneficios de los sistemas de control inteligentes aplicados a la generación y el almacenamiento energético, tales como la mejora de la fiabilidad del suministro energético y la estabilidad de la red, la maximización de la eficiencia de los sistemas y la reducción de los costes de operación. Las tecnologías de computación en la nube junto con el análisis de grandes cantidades de datos y la seguridad juegan un papel importante en este desarrollo.

Por otro lado, es de suma importancia para la implementación práctica de las futuras ciudades inteligentes estudiar y definir modelos de negocio viables, que sustenten la integración de las soluciones inteligentes en las ciudades. La integración y adopción en gran escala de nuevas soluciones está condicionada por los costes de los nuevos sistemas y los ingresos y ahorros que pueden traer consigo. Los proyectos de implantación se caracterizan por grandes inversiones de capital inicial y largo retorno de inversión. Como medio facilitador del desarrollo de dichos proyectos, han surgido nuevas compañías denominadas compañías de servicios energéticos (ESCOs). Las ESCOs tienen como objetivo ofrecer una solución económica viable para el desarrollo, diseño, construcción y operación de proyectos de integración de nuevas tecnologías energéticas en edificios, que permiten ahorrar energía a la vez que reducen costes de operación. En general, una ESCO actúa como un desarrollador de proyectos que asume los riesgos tecnológicos y de operación, y cuya remuneración está directamente vinculada al ahorro real de costes de energía (Navigant, 2015). La ESCO garantiza el suministro energético y los ahorros monetarios a los usuarios de forma independiente y fiable de la disponibilidad de recursos energéticos. Por otro lado, la rentabilidad económica de la ESCO está relacionada con el rendimiento del sistema y, por tanto, existe una necesidad de uso óptimo de los recursos. La agregación de la generación de energía renovable en grandes clusters por parte de la ESCO, en lo que se denominan redes inteligentes, tiene un gran potencial que permite la participación de fuentes renovables intermitentes y distribuidas en mercados de servicios de red que serían prohibitivos de forma independiente (Santi et. al 2015). La implementación de dichos sistemas agregados de generación, y su integración con sistemas de almacenamiento, exige, dada la complejidad del problema que se plantea, el desarrollo de algoritmos de control avanzados que permitan la participación de la ESCO en los mercados energéticos en condiciones óptimas. En este contexto, Fundación Ayesa ha desarrollado una solución que proporciona:

- Una herramienta avanzada de toma de decisiones para operadores de ESCOs. Esta herramienta suministra información, calculada mediante algoritmos económicos óptimos, sobre las opciones de participación en los diferentes mercados energéticos que maximizan el rendimiento. En particular, en este trabajo se presentan los resultados de la participación de la ESCO en el mercado energético de generación mayorista del día siguiente (day-ahead market).
- Algoritmos óptimos para la operación automática en tiempo real de los sistemas de generación renovable y de almacenamientos energético heterogéneos, integrados en los diferentes edificios, con el fin de que esta operación satisfaga los compromisos adquiridos por parte de la ESCO en el mercado.

Esta solución va a ser pilotada y evaluada en la ciudad de la isla de Borkum, Alemania, en el marco del proyecto europeo H2020 Netfficient.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Escenario

En primer lugar, expondremos el escenario considerado por la solución propuesta. En este escenario, los edificios están equipados con dispositivos de generación renovable y almacenamiento energético (ver Figura 1). Estos edificios pueden ser viviendas individuales, bloques de viviendas o negocios. Cada uno de

estos edificios son denominados nodos energéticos. Como se observa en la Figura 1, cada nodo energético está caracterizado por poseer: cargas que consumen energía como parte de la actividad diaria del hogar o negocio y modeladas por la variable P_{carga} ; fuentes de generación de energía renovable (p. ej. paneles fotovoltaicos) modeladas por la variable P_{Gen} ; dispositivos de almacenamiento energético (p. ej. baterías, supercondensadores, pilas de combustible, etc.) modelados por la variable P_{Alm} ; y conexión con la red eléctrica representado por la variable P_{Cambio} .

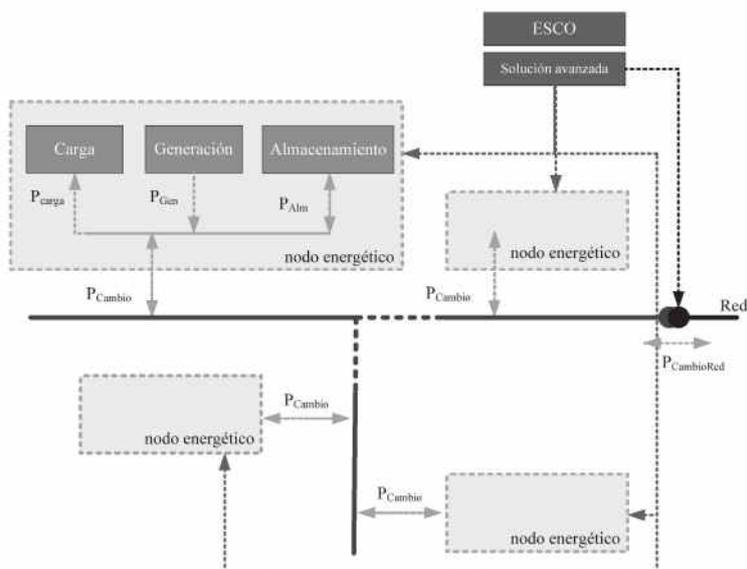


Figura 1. Escenario a nivel de barrio o ciudad

La ESCO actúa como la entidad que agrega la operación de los nodos energéticos. En función de los perfiles de generación energética, de carga de los almacenamientos y de operación de las cargas, la ESCO es capaz de optimizar la operación del sistema completo, y generar un beneficio económico como resultado de la venta de servicios de red, además de satisfacer la demanda energética de los usuarios. La ESCO deberá ser capaz por tanto de optimizar la operación de cada uno de los nodos energéticos para mejorar su rendimiento económico, su competitividad frente a otras ESCOs y, con ello, la capacidad para captar asociados. En la medida en que la ESCO cuente con más asociados dentro de la ciudad, podrá ofrecer servicios energéticos de mayor volumen en los mercados, aprovechándose de las economías de escala.

Funcionalidades

La solución diseñada por Fundación Ayesa proporciona las siguientes funcionalidades:

- Ayuda a la toma de decisiones para la participación de la ESCO en mercados energéticos

Evalúa los escenarios presentes y futuros de los precios de la energía, la generación, consumo y almacenamiento de cada uno de los nodos energéticos para proporcionar información energética y económica a la ESCO, con el fin de que ésta pueda decidir los servicios de red que quiere ofrecer en el mercado, y las condiciones en las que desea ofrecerlos.

- Control en tiempo real de la operación de los nodos energéticos

Calcula periódicamente las referencias óptimas que debe satisfacer cada dispositivo de almacenamiento para que la ESCO cumpla con las condiciones de contrato de los servicios de red que ha vendido en el mercado. Para ello, tiene en cuenta posibles desviaciones:

- En el uso de las cargas (p. ej. una persona conecta el aire acondicionado a una hora inesperada)
- En la generación (p. ej. se había previsto un día soleado, pero finalmente se presenta nublado, afectando a la generación fotovoltaica)

- En la disponibilidad de los dispositivos de almacenamiento (p. ej. una batería deja de funcionar correctamente o se somete a un proceso de mantenimiento)

METODOLOGÍA

Diseño de la solución

La solución se ha diseñado como un módulo software capaz de integrarse con la plataforma TIC de la ESCO, para lo cual cuenta con una API (Application Programming Interface). Este módulo software cuenta con diferentes componentes:

- Componente de optimización: implementa los algoritmos que dotan de inteligencia al sistema, soportando las funcionalidades de ayuda a la toma de decisión y de control en tiempo real de los dispositivos de almacenamiento.
- API: Proporciona métodos basados en protocolos estándares para que la solución se integre en el sistema de información y control de la ESCO.
- Interfaz de usuario: Permite que el operador configure el sistema y acceda a informes y registros de estado.
- Servicio de almacenamiento: Almacena en una base de datos la configuración de la red de nodos energéticos, los parámetros de cálculo (precios, previsiones de consumo, generación, etc.) y un histórico de los resultados de los algoritmos. Utiliza tanto una base de datos relacional, como una no relacional para los históricos, con el fin de que se puedan explotar con sistemas Big data.

Algoritmos

Dentro del componente de optimización, la solución contempla una arquitectura de algoritmos a dos niveles. En el nivel superior, algoritmos económicos son diseñados como herramienta de ayuda a la toma de decisión para los operadores de las ESCOs con el fin de participar en diferentes mercados energéticos. Mientras que en el nivel inferior se implementan algoritmos de control óptimo para regular automáticamente en tiempo real la operación de los nodos energéticos operados por la ESCO. Todos los algoritmos de este trabajo se basan en formulaciones MPC (Model Predictive Control) que presentan características específicas muy convenientes para el tratamiento de este tipo de aplicaciones (del Real et al. 2014, Maasoumy et al. 2014). En concreto, estas formulaciones son capaces de proporcionar trayectorias óptimas basadas en predicciones a la vez de considerar restricciones físicas del sistema y de funcionamiento con robustez respecto a las incertidumbres.

A continuación, se describe la funcionalidad específica de los algoritmos que se han desarrollado en cada uno de los niveles:

- Algoritmos económicos para la toma de decisión
- Los algoritmos calculan la curva óptima de intercambio de energía entre los nodos energéticos agregados por la ESCO y la red eléctrica para participar en los diferentes mercados energéticos con el objetivo de maximizar el beneficio económico definido como la diferencia entre los ingresos por la venta de generación y/o servicios de red menos los costes de operación de los nodos energéticos. De esta manera, los algoritmos se ejecutan de forma periódica antes de la apertura de los mercados energéticos y se basan en predicciones de generación renovable (utilizando previsiones meteorológicas), predicciones del consumo energético de los nodos (basadas en modelos) y predicciones de las curvas de los precios de la energía para los distintos contratos. En concreto, este trabajo se centra en el mercado mayorista de generación de energía para el día siguiente (day-ahead market) por lo que, como resultado de los algoritmos, la ESCO cuenta con una predicción para las 24 horas siguientes sobre la energía que puede ofrecer al mercado que maximiza el beneficio económico. Como resultado de la negociación en los mercados, se genera la curva de potencia

suministrada a la red objetivo que tendrá que satisfacer el sistema agregado con el fin de cumplir con el servicio pactado entre la ESCO y el operador de la red.

- Control en tiempo real de los nodos energéticos
- Utilizando como referencia la curva de potencia resultante del punto anterior, los precios de la energía, y el estado en tiempo real de cada nodo energético (carga de los dispositivos de almacenamiento, consumo real y generación renovable), el sistema calcula periódicamente las referencias óptimas de estado de carga para cada dispositivo de almacenamiento. Estas referencias serán transmitidas a los dispositivos de almacenamiento a través del sistema de control de la ESCO, de modo que se conviertan en la referencia objetivo para la electrónica de control del almacenamiento. Como se ha indicado, el algoritmo tiene en cuenta posibles desviaciones en el nodo energético, tanto en el consumo, como en la generación renovable y en la disponibilidad y rendimiento de los dispositivos de almacenamiento.

Despliegue

La solución se ha diseñado como un módulo fácilmente integrable en los sistemas de la ESCO, que se desplegará en el centro de proceso de datos de la misma, junto con los sistemas de control de los dispositivos de generación y almacenamiento distribuido. El intercambio de datos entre el módulo de optimización y los sistemas de la ESCO se realiza mediante una API. Una vez configurado e integrado en los sistemas de la ESCO, el módulo recibe:

- Información sobre la operación de los sistemas de generación y almacenamiento (tanto su grado de uso como posibles incidencias), y también sobre el consumo. Esta información proviene de los sistemas de control que la ESCO tiene desplegados sobre los nodos energéticos que la componen.
- Información sobre precios de energía así y las predicciones de generación y consumo, proveniente de los sistemas de gestión de la ESCO.

En base a esta información el módulo calcula la oferta óptima para el mercado y, una vez que ésta se ha negociado, las referencias de estado de carga que deben de cumplir los dispositivos de almacenamiento, las cuales serán transmitidas por el sistema de control de la ESCO para que sean seguidas por el sistema de control local del dispositivo de almacenamiento. A nivel de nodo energético, un gateway es el encargado de gestionar la comunicación con los smartmeter (consumo), los dispositivos de generación renovable (p.ej. paneles fotovoltaicos) y los dispositivos de almacenamiento (p. ej. baterías de Li-ion controladas por inversores)

Piloto

La solución va a ser validada en el contexto del proyecto Netfficient, financiado por la Comisión Europea en el marco del programa Horizon 2020. El objetivo de Netfficient es demostrar la viabilidad técnica y económica de las tecnologías de almacenamiento energético aplicadas a nivel de baja y media tensión.

Netfficient implementará un piloto en un escenario real ubicado en la isla de Borkum (Alemania). Los recursos disponibles para el piloto de la solución descrita incluyen 29 casas, 5 edificios y una red de iluminación viaria equipada con paneles fotovoltaicos. Como dispositivos de almacenamiento, se dispondrá de baterías y sistemas híbridos batería-supercondensador, ubicados en cada nodo energético. A nivel de TIC, se contará con una plataforma que permitirá interactuar con los diferentes dispositivos de la red eléctrica: smart meters, convertidores de potencia, sistemas empotrados, equipos de comunicaciones y gateways.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La solución presentada en este artículo permite gestionar de manera integrada e inteligente generación renovable y almacenamiento energético heterogéneo instalados en diferentes edificios de una ciudad y

agregados por una ESCO para su explotación. Esta herramienta representa un paso más hacia el concepto de ciudades inteligentes sostenibles energéticamente.

Fundación Ayesa ha diseñado, implementado y validado exitosamente en simulación la solución propuesta con prometedores resultados. Las simulaciones nos han permitido corroborar la viabilidad de la implementación en tiempo real de la solución mediante el estudio de los tiempos de ejecución requeridos para la resolución de los algoritmos. Los algoritmos diseñados están basados en formulaciones MPC que tienen un coste computacional elevado por lo que para aplicaciones con tiempos de muestreo rápidos como es el caso de esta aplicación, pueden comprometer la obtención de resultados apropiados. Los algoritmos se han diseñado de forma que permitan resolver el problema con el menor número de variables sin perder prestaciones y a su vez ser resueltos con *solvers* robustos. En concreto, se han observado que los tiempos de ejecución en simulación son aproximadamente 1 segundo para 34 nodos energéticos en un PC Intel Core 2 Duo CPU @3 GHz trabajando en una plataforma Windows 7, lo que nos permite concluir que son suficientemente pequeños para el diseño de nuestra aplicación.

Por otro lado, se ha observado una fuerte dependencia de los resultados obtenidos con el escenario de los incentivos y precios de la energía de cada país. Nuestras simulaciones han sido ejecutadas con la información correspondiente a Alemania, pero la formulación de los algoritmos y el diseño de la solución software permite una flexibilidad total a la hora de particularizar los datos económicos.

Esta herramienta presenta un gran potencial para el estudio de los modelos de negocio de las ESCOs y el diseño óptimo del número de los sistemas agregados y sus componentes. Actualmente, Fundación Ayesa está trabajando en la adaptación de los algoritmos para poder introducir los parámetros de diseño que nos permitan poder ofrecer estas últimas funcionalidades avanzadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Unión Europea a través del proyecto de investigación Netfficient perteneciente al programa de investigación H2020 (Grant agreement nº 646463).

REFERENCIAS

- European Commission, Energy efficient buildings, online: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> (10 Enero 2016)
- European Commission, JRC Science and Policy Reports "ESCO Market Report 2013", online: http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/jrc_89550_the_europe_an_escos_market_report_2013_online.pdf (10 Enero 2016)
- Maasoumy M., Sanandaji B.M., Sangiovanni-Vincentelli A. and Poola K., "Model Predictive Control of regulation services from commercial buildings to the smart grid," in American Control Conference (ACC), 2014, page 2226-2233, 4-6 June 2014
- Navigant Research, Report "Energy Service Company Market Overview, Expanding ESCO Opportunities in the United States and Europe", 2015 Q2, online: <https://www.navigantresearch.com/research/energy-service-company-market-overview>.
- Netfficient Project homepage, online: <http://netfficient-project.eu/> (10 Enero 2016)
- del Real A. J., Arce A. and Bordons C., "Combined environmental and economic dispatch of smart grids using distributed model predictive control", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 54, January 2014, Pages 65-76
- Santi F., Caiazza P. and Nigro T.M., "Energy efficiency in supermarkets: Structured project financing for ESCOs," 2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC) pp.1486-1491, 10-13 June 2015
- United Nations, World Urbanization Prospects, Department of Economic and Social Affairs, 2014, online: <http://esa.un.org/unpd/wup/highlights/wup2014-highlights.pdf>