

# 50 VIVIENDAS ECO-EFICIENTES EN SARRIGUREN

Rufino J. Hernández Minguillón

*El proyecto de las 50 viviendas surge a raíz del concurso para la construcción de un conjunto de parcelas de uso residencial en la Eco-Ciudad de Sarriguren en el que tenían cierta relevancia la sostenibilidad ambiental, la funcionabilidad, la calidad de materiales, forma de pago y viabilidad económica. Nuestra propuesta edificatoria corresponde a una cooperativa de carácter social cuyo interés es obtener las mejores viviendas ‘al precio de Vivienda de Protección Oficial’, el más bajo dentro del espectro del mercado de la vivienda. Bajo la premisa de “bueno, bonito, barato + reducción, reutilización, reciclaje”, desarrollamos un ejemplo real del mercado, trasladable a otras promociones de viviendas.*

## VIVIENDAS INDUSTRIALIZADAS EN LOS INICIOS DEL S. XXI

La construcción de edificios residenciales constituye el 80 por ciento de la actividad edificatoria, por lo que ha sido un ámbito tradicional de búsqueda de eficiencia a través de la industrialización de sus procesos.

Las características de la industrialización no han seguido una evolución lineal en la que cada innovación se acumula a las anteriores, hecho común en otros campos de actividad en los que las tecnologías superadas desaparecen, sino que se produce una evolución competitiva de sistemas basado en un mapa tecnológico progresivamente más complejo.

Un ejemplo puede clasificar esta apreciación: en el presente decenio se han construido los primeros fuselajes de avión con estructura de fibra de carbono. La consecuencia está siendo la migración de todos los fabricantes de aeronaves de gran tamaño hacia dicha tecnología, que permite una considerable mejora del ratio peso/rendimiento mecánico y, por tanto, de reducción de consumo de combustible (Fig. 1).

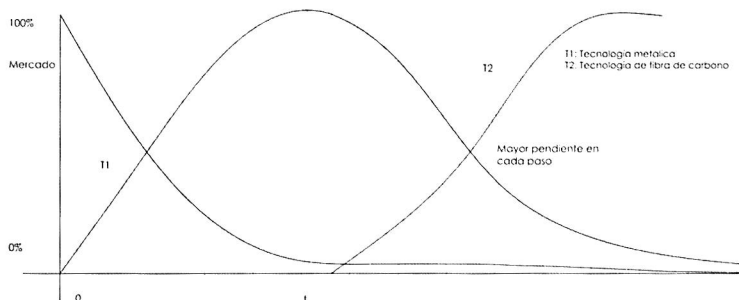


Fig. 1. Evolución de la utilización de tecnologías estructurales en la construcción aeronáutica

La industrialización de la edificación residencial ha seguido un patrón de ‘campo vectorial direccional’ en el que las diversas tecnologías evolucionan en el tiempo con ligeras alteraciones de dirección y con un módulo proporcional a su rendimiento global definido por la evolución del conocimiento y de las exigencias sociales.

El conjunto de factores que determinan la eficiencia total de la edificación residencial es, probablemente, más amplio y complejo, respecto a los que definen otras áreas de actividad, lo que permite que se puedan mantener en el tiempo tecnologías que muestran ineficiencias parciales; sin embargo, la pérdida de eficiencia no puede compensarse indefinidamente apoyada en otros factores. La inercia del sector de la edificación residencial es, sin duda, un factor determinante de la lentitud con la que evolucionan las tecnologías aplicadas; pero contribuye también a que las tecnologías tengan margen para evolucionar hacia propuestas más eficientes y, por tanto, contribuye a mantener e incluso aumentar la diversidad edificatoria (Fig. 2).

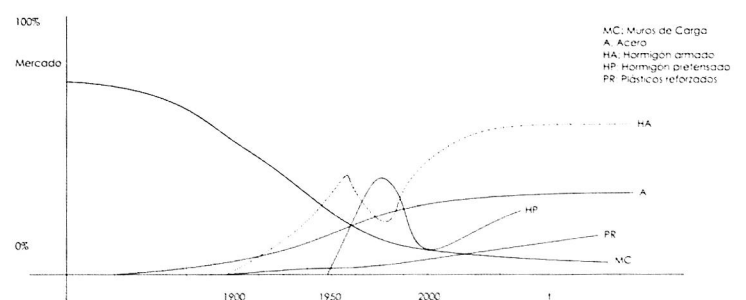


Fig. 2. Evolución de la utilización de tecnologías estructurales en la construcción edificatoria



Tras la II Guerra Mundial, los sistemas industrializados basados en metodologías megalómanas llegaron a ocupar casi completamente el campo de la edificación residencial en países enteros apoyados en factores políticos. El resultado fue la desaparición de la diversidad tecnológica y, con ella, de la competencia y la mejora de la eficiencia. Los países que optaron por fomentar la eficiencia sin discriminación tecnológica cuentan, sin embargo, con un tejido productivo más eficiente y diversificado y, por ello, más competitivo en un ámbito progresivamente más globalizado.

### VIVIENDA COLECTIVA EFICIENTE REAL

El proyecto surge a raíz del concurso para la construcción de un conjunto de parcelas de uso residencial en la Eco-Ciudad de Sarriguren.

El concurso valoraba un conjunto diverso de aspectos entre los cuales tenía cierta relevancia la sostenibilidad ambiental, medida mediante una matriz bioclimática elaborada por CIEMAT; pero también tenían relevancia la funcionabilidad, la calidad de materiales, forma de pago, viabilidad económica, o capacidad de financiación de los proponentes.

Las estrategias de los participantes podían ser diversas desde el punto de vista tecnológico, pero también desde el empresarial en su conjunto.

Nuestra propuesta edificatoria corresponde a una cooperativa de carácter social cuyo interés es obtener las mejores viviendas 'al precio de Vivienda de Protección Oficial', el más bajo dentro del espectro del mercado de la vivienda. El caso que desarrollamos no se trata de una prueba piloto o ensayo experimental, sino de un

ejemplo real del mercado, trasladable a otras promociones de viviendas.

La estrategia tecnológica que planteamos se basó en los siguientes criterios:

1. Obtención de ratios de funcionalidad óptimos.
2. Utilización de tecnologías y materiales con alto reconocimiento cualitativo por parte de los usuarios sin renunciar al mantenimiento de los valores compositivos y estéticos propios de nuestro estudio de arquitectura.

3. Ajuste al plan de viabilidad de la operación y por tanto al habitual en Viviendas de Protección Oficial mediante análisis continuo del coste de edificación.

4. Incorporación de tecnologías que aportasen mayor grado de eco-eficiencia, (sostenibilidad) sin incremento de coste o cuyo coste pudiese ser compensado por reducciones inducidas en elementos edificatorios complementarios.

La estrategia se puede resumir como B3+R3, o lo que es lo mismo: Bueno, Bonito, Barato + Reducción, Reutilización, Reciclaje.

### DISEÑO RAZONABLE

Los edificios objeto de diseño son dos torres de base cuadrada con seis plantas y ático situadas entre un bloque de viviendas de cuatro plantas y ático ubicado al sur y la avenida central de Sarriguren al Norte. La orientación de los ejes de las torres es N-S y E-O.

El conjunto cuenta con dos plantas de sótano destinadas a garaje y trasteros, planta baja destinada a accesos y uso comercial y plantas superiores con cuatro viviendas por planta más una en el ático.





Para la elección de las tecnologías incorporables se partió de la amplia experiencia del estudio en los ámbitos de la construcción de vivienda colectiva y el uso de sistemas innovadores aplicados a construcción de equipamientos de arquitectura industrial.

Se utilizaron dos metodologías aplicadas consecutivamente:

- a) Comparada de sistemas desacoplados
- b) Comparada de sistemas acoplados

La primera permitió evaluar, y posteriormente seleccionar, los sistemas constructivos que alcanzaban ratios más elevados en el conjunto de exigencias vinculadas a los objetivos de la propuesta (Fig. 3). (Valores: 0, 2, 4, 6, 8, 10; Ponderación de cada exigencia = 1)

Exigencia \ Sistema	Fábrica + Yeso	Fábrica Incluido Yeso	Bloque mortero ligero	Bloque yeso	Entramado + Placa Yeso
Mecánica	10	6	4	4	10
Higrotérmica	8	8	10	6	8
Acústica	6	4	4	4	10
Utilización	8	8	6	6	8
Modificación	2	2	4	4	6
Eliminación	2	2	4	4	6
Interacción	2	2	4	2	8
Percepción sensorial	6	6	4	4	8
Percepción social	10	10	4	2	8
Obra	4	6	8	10	6
Mantenimiento	6	6	6	10	10
Desmantelamiento	2	2	4	4	6

La segunda evalúa y selecciona los conjuntos de sistemas acoplados que permitan alcanzar un ratio de eficiencia superior. A continuación, se detalla el conjunto de sistemas que están implicados en la calidad de uso del espacio interior.

- Estructura: “in situ” (E1); “in situ” pulida (E2); “in situ” + placas (E3); “in situ” + placas pulidas (E4); prefabricada (E5); prefabricada pulida (E6).

- Divisiones y trasdosados: entramado + placa de yeso (D1).

- Techos: Tendido yeso (T1); Entramado + placa de yeso (T2).

- Suelos: Solera + Trama flotante (S1); capa de nivelación + tarima flotante + amortiguante acústico (S2).

- Instalaciones: Suelo (I1); Techo (I2).

Esta fase resulta delicada ya que el análisis discriminado de todas las posibilidades resultaría excesivamente costoso e ineficiente; pero la reducción o las posibilidades de combinación realmente posibles requieren un conocimiento específico elevado sólo alcanzable mediante experiencia. Las combinaciones podrían ser:

- E1+D1+T1+S1+I1
- E2+D1+T1+S1+I1
- E3+D1+T1+S1+I1
- E4+D1+T1+S1+I1
- E5+D1+T1+S1+I1
- E6+D1+T1+S1+I1
- E1+D1+T2+S1+I1
- E2+D1+T2+S1+I1

...

## ECOEFICIENCIA SIN INCREMENTO DE COSTE

El estudio de las diferentes soluciones bioclimáticas realizadas en otros edificios de Sarriguren nos ofrecía, sin duda, datos interesantes sobre los grados de ecoeficiencia alcanzados y sobre la idoneidad de las estrategias empleadas. Un análisis completo, necesario para definir estrategias requeriría contar con datos económicos fiables.

La razón de esta precisión radica en las dudas que se le plantean al autor sobre la viabilidad económica de algunas de las operaciones.

En algunos casos la viabilidad ha podido alcanzarse a través de la reducción del número de agentes; pero ésta deber llevar a una reflexión sobre el modelo deseable para el desarrollo de viviendas protegidas y la obtención de garantías adecuadas.

En el caso que nos ocupa no existió coincidencia de agentes incluso se decidió obtener aseguramiento de la impermeabilidad de los cerramientos, no exigido por la normativa vigente.

## LA PROPUESTA CONSTRUCTIVA. INNOVACIÓN CONTENIDA

La propuesta elegida y desarrollada utiliza en sus sistemas constructivos las siguientes tecnologías:

### Cimientos, suelos y muros de contención

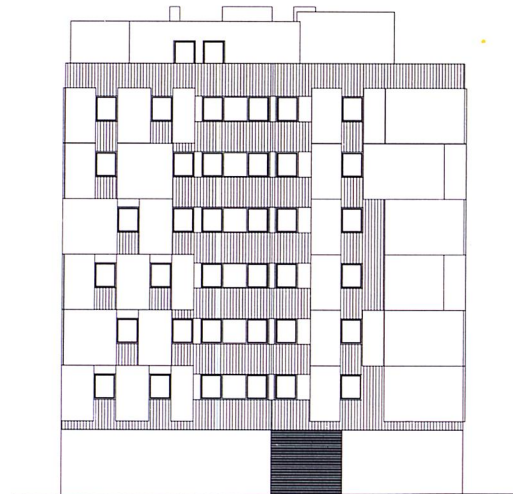
Se construyeron con elementos de hormigón armado realizados “in situ” contra el terreno. Para evitar la penetración de agua se utilizaron juntas de estanqueidad en las uniones de elementos y en las juntas de trabajo y se colocaron tubos de drenaje perimetrales y bajo el suelo en canales de grava.







Alzado sur



Alzado oeste



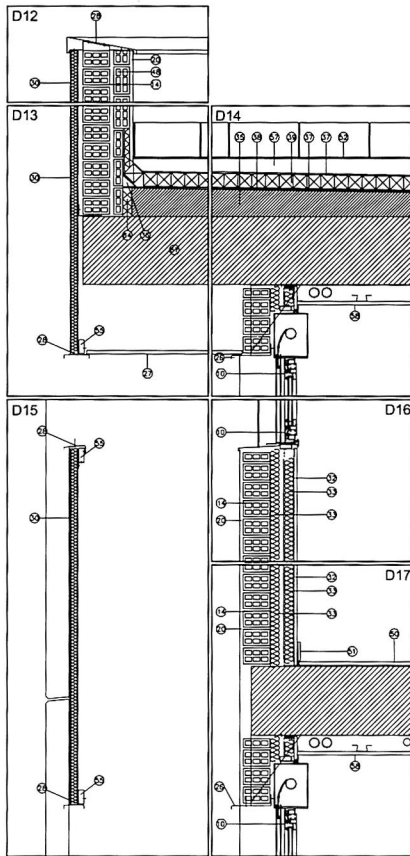
Alzado norte



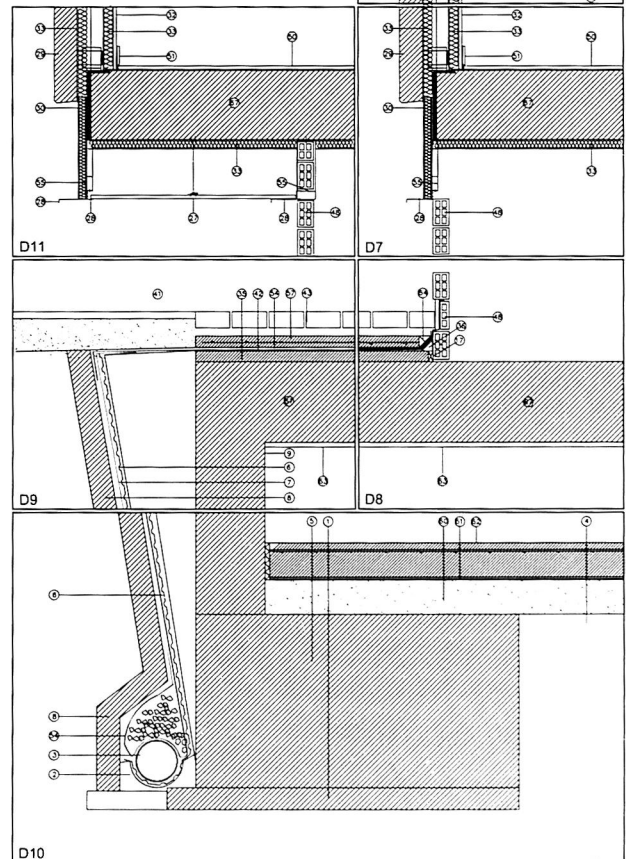
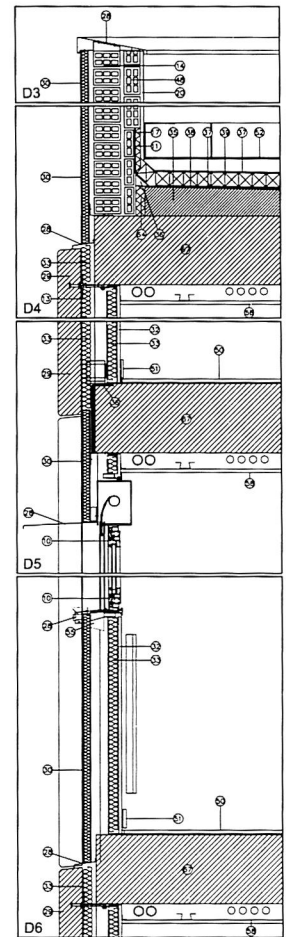
Alzado este







Detalle constructivo



Detalle constructivo



1. Hormigón de limpieza
2. Lecho hormigón
3. Tubo drenaje PVC ranurado diámetro según proyecto de instalaciones
4. Relleno de grava 30-60 mm diámetro
5. Zapata de hormigón armado
6. Lámina de protección tipo DELTA DRAIN con vellón filtrante
7. Lámina geotextil 170gr/m<sup>2</sup>
8. Gunitado mínimo 10 cm
9. Muro de hormigón armado
10. Carpintería de aluminio tipo Burgos 3000 anodizado satinado químico
11. Rodapié de baldosa de gres
12. Losa de hormigón prefabricada
13. Mortero hidrófugo 'fixrock' 0,5 cm
14. 1/2 asta ladrillo hueco doble
17. Separador poliestireno expandido 2 cm
20. Mortero monocapa
23. Chapa de metal expandido, espesor 1,5 mm, imprimación y posterior pintado en color RAL 9006
26. Cargadero chapa plegada de acero galvanizado. Imprimación y posterior pintado en color RAL 9006
27. Falso techo de pladur y pintura resistente para exteriores color a elegir en obra
28. Chapa plegada de acero galvanizado. Imprimación y posterior pintado en color RAL 9006
29. Prefabricado de hormigón espesor 10 cm
30. Panel metálico de fachada
31. Levante de murete de hormigón
32. Placa de yeso laminado e:15 mm
33. Lana de roca e:4 cm
34. Enfoscado de mortero hidrófugo a golpe de llana
35. Mortero de formación de pendientes e min: 3 cm
36. Mortero formando media caña
37. Lámina geotextil 200gr/m<sup>2</sup>
38. Lámina tipo GLASDAN 40 PLASTICO adherida completamente y lámina ESTERDAN 40 ELASTOMERO
39. Aislamiento de placas de corcho espesor 6 cm
40. Protección de grava 30-60 mm diámetro
41. Acera existente
42. Sistema de impermeabilización con láminas de EPDM tipo GISCOLENE 120
43. Pavimento según especificaciones de urbanización
44. Levante de bloque de hormigón
47. Carpintería de aluminio tipo Burgos 3000 sistema Monoblock anodizado satinado químico doble con cámara CLIMALIT 4.8.4
48. Ladrillo hueco doble machetón
50. Pavimento de parquet flotante acabado en madera noble sobre forjado
51. Rodapié de tablero DM de 1,5 cm de espesor y 7 cm de altura acabado en madera noble
52. Pavimento de baldosa de gres antideslizante 30x30 cm
54. Lámina geotextil de 300 gr/m<sup>2</sup>
55. Tubo de acero galvanizado 25.50.2
57. Solera de hormigón armado e:5 cm
58. Falso techo de yeso laminado suspendido
60. Relleno de grava h=15 cm
61. Lámina de polietileno
62. Solera hormigón armado con tratamiento al cuarzo pulido
63. Proyección de revoco seco tipo Mysrac 190 acabado espatuleado
64. Separador de poliestireno expandido 4 cm
67. Forjado de viguetas pretensadas y bovedillas

## Estructura

La estructura es de hormigón armado con forjados de vigueta semiresistente y capa de compresión pulida. Se estudió la posibilidad de utilizar forjados de prelosa en los garajes pero, finalmente, no se utilizaron.

## Fachadas

Se utilizaron sistemas completamente industrializados:

- Hojas exteriores formadas por paneles prefabricados de hormigón armado verticales sujetos en los cantos de los forjados.
- Trasdosado de cerramientos con capa de aislamiento térmico de fibra, hoja interior de entramado metálico y acabado con placa de yeso laminado.
- Carpintería de aluminio con rotura de puente técnico y vidrio doble de baja emisividad. (Se tuvo en cuenta que la posición de las torres con un edificio laminar próximo hacia el sur y el espacio público más atractivo hacia el norte y el oeste conducen a una orientación inadecuada de las estancias principales).
- Elementos de acuerdo entre paneles de hormigón y carpintería con panel laminado metálico estándar con núcleo de poliuretano.

## Cubierta

Sistema transitable con impermeabilización protegida por el aislamiento térmico de poliestireno extrudido y acabado flotante de baldosa.

Sistema de delimitación interior:

- Elementos de bloque silicocalcáreo acústico en separaciones de viviendas y con zonas comunes del edificio.
- Sistemas de entramado metálico y placa de yeso laminado con panel interior de fibra en el resto de los elementos.
- Techos suspendidos de entramado metálico con placa de yeso laminado.
- Solado directo sobre forjado nivelado con interposición de lámina de absorción acústica.

## Redes de servicios

Distribución en el interior de los sistemas de delimitación de entramado metálico sin afección a suelos y con afección mínima a divisiones acústicas. Las redes discurren por paneles y techos por lo que se tuvieron que introducir ciertas modificaciones (ej.: introducción de purgadores automáticos en la red de calefacción).

## Producción de calor

- Sistemas de calefacción y producción de ACS centralizadas con contadores individuales de consumo.
- Utilización de paneles solares térmicos para producción de ACS.

## RESULTADO ALENTADOR

El proyecto promovido ha conseguido ascender algunos peldaños en el camino de la ecoeficiencia total aplicada a la vivienda protegida de bajo costo 'real'.

El resultado de la operación fue rentable para todos los agentes implicados aún cuando se introdujeron modificaciones que impli-

caron cambios en los hábitos de trabajo y en la utilización de diversos sistemas constructivos. A este resultado contribuyó de forma decisiva la disposición del personal asignado a la obra, que, sin medios adicionales y sin ningún tipo de incentivo, asumieron con interés los pequeños retos que suponían los cambios introducidos.

La obra se concluyó con un mes y medio de adelanto respecto a la fecha prevista, hecho que implica una reducción de los costos indirectos de la obra, de la financiación y de las afecciones.

El edificio superó sin problemas todas las exigencias técnicas requeridas y no se ha recibido ningún tipo de reclamación por parte de los usuarios.

Se realizaron pruebas para calificación energética basado en NBE CT-79 + PSIS SARRIGUREN (25% de mejoras sobre exigencias de NBE CT-79) obteniendo los siguientes resultados:

- Consumo de Energía Prima Específico: 31'8 (KWh/m<sup>2</sup> útil año)
- Emisiones de CO<sub>2</sub> Específicos: 5'8 (Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> útil año)
- Índice de Calificación Energética: 43'94%
- Calificación energética: A

- Se realizaron ensayos específicos de transmisión acústica según lo especificado en la norma CA-88 y en el CTE-DB-HR, (aunque el edificio no está obligado al cumplimiento de esta última normativa), para ruido aéreo y ruido de impacto resultando en ambos casos satisfactorias.

## NOTA

Los resultados exactos son los siguientes:

En el ensayo según norma NBE-CA88 realizado en condiciones señaladas en la Norma UNE 74.040/111 se obtuvieron los valores de R' siguientes:

- Medianeras 1 R' = R'w+C = 58-1 = 57 dBA > 45 dBA exigido
- Medianeras 2 R' = R'w+C = 55-2 = 53 dBA > 45 dBA exigido
- Forjado 1 R' = R'w+C = 62-2 = 60 dBA > 45 dBA exigido
- Forjado 2 R' = R'w+C = 60-1 = 59 dBA > 45 dBA exigido

En el ensayo según CTE-DB-HR, realizado según método descrito por la norma UNE-EN ISO 140-4 se obtuvieron los valores siguientes valores:

- Medianeras 1 D<sub>n,TA</sub> = 56'8 dBA > 50 dBA exigido
- Medianeras 2 D<sub>n,TA</sub> = 56'3 dBA > 50 dBA exigido
- Forjado 1 D<sub>n,TA</sub> = 59'9 dBA > 50 dBA exigido
- Forjado 2 D<sub>n,TA</sub> = 58'8 dBA > 50 dBA exigido

En el ensayo de forjados ante impactos según CTE-DB-HR, realizado según método descrito por la norma UNE-EN 140-7 se obtuvieron los valores siguientes:

- Forjado 1 L<sub>n,TW</sub> = 46 dBA ≤ 65 dBA exigido
- Forjado 2 L<sub>n,TW</sub> = 46 dBA ≤ 65 dBA exigido

En el ensayo de las fachadas según CTE-DB-HR, realizado según método descrito por la norma UNE-EN ISO140-5 se obtuvo el siguiente valor:

- Fachada: D<sub>2m,n,TA</sub> = 33'8 dBA ≥ 30 dBA tomado L<sub>d</sub> = 60 dBA para zona residencial





**Rufino J. Hernández Minguillón.** Arquitecto Urbanista (1982) y Doctor Arquitecto (1991) por la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra. Investigador sobre "Nuevas Técnicas en la Construcción Ligera" en la University of Illinois at Urbana-Champaign (1988), Master en Edificación y Especialista en Sistemas Edificatorios, Organización y Tecnología de Obras (1993). Profesor Adjunto (ETSAUN) y Profesor titular de Construcción en la ETSA de San Sebastián, Universidad del País Vasco. Ha sido Director Adjunto del Programa "Master de Edificación" (1991-96) y Director de la *Revista de Edificación - Re* de la ETSAUN, Pamplona (1995-01). Investigador en los campos de cerramientos activos ligeros y sensibles, construcción industrializada y comportamientos termo-energéticos del cerramiento, colaborador por el CSCAE para la elaboración del CTE, en las áreas de seguridad y habitabilidad.