





**Coordinación**  
Pablo Arribas Giner

# **CASOS PRÁCTICOS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS EN COOPERACIÓN AL DESARROLLO**

**CUADERNOS DE COOPERACIÓN  
PARA EL DESARROLLO  
Núm. 3**

Pablo Arribas Giner  
Sergio Belda Miquel  
María Victoria Borrachero Rosado  
Álvaro Fernández-Baldor Martínez  
Manuel Gómez de la Membrillera  
Ada González Albert  
Rosana Méndez Mutschler  
José M. Monzó Balbuena  
Antonio José Torres Martínez

**CENTRO DE COOPERACIÓN AL DESARROLLO  
EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Primera edición, 2011.

- © de la presente edición:  
Editorial de la Universitat Politècnica de València  
Tel. 96 387 70 12  
www.editorial.upv.es
- © Todos los nombres comerciales, marcas o signos distintivos de cualquier clase contenidos en la obra están protegidos por la Ley
- © Pablo Arribas Giner (Coordinador)  
Sergio Belda Miquel  
María Victoria Borrachero Rosado  
Álvaro Fernández-Baldor Martínez  
Manuel Gómez de la Membrillera  
Ada González Albert  
Rosana Méndez Mutschler  
José M. Monzó Balbuena  
Antonio José Torres Martínez

Edita: Centro de Cooperación al Desarrollo

- © Foto de portada: Rosana Méndez Mutschler

Imprime: Fustabloc, S.L.

ISBN: 978-84-8363-630-5  
Depósito Legal: V-306-2011  
Ref. editorial: 2358

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.



Impreso en papel reciclado

Impreso en España



## ÍNDICE

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PREFACIO .....</b>                                                                                                  | <b>9</b>  |
| <b>PRÓLOGO .....</b>                                                                                                   | <b>11</b> |
| <b>TECNOLOGÍA Y COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO .....</b>                                                               | <b>13</b> |
| <i>PABLO ARRIBAS GINER, ÁLVARO FERNÁNDEZ-BALDOR MARTÍNEZ</i>                                                           |           |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                                                                  | 13        |
| 2. TECNOLOGÍA APLICADA AL DESARROLLO. VISIONES Y EVOLUCIÓN.....                                                        | 13        |
| 2.1. TECNOLOGÍA APROPIADA .....                                                                                        | 14        |
| 2.2. TECNOLOGÍA SOCIAL .....                                                                                           | 18        |
| 2.3. TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO .....                                                                        | 20        |
| 3. REFLEXIÓN Y CONCLUSIONES .....                                                                                      | 26        |
| 4. REFERENCIAS .....                                                                                                   | 27        |
| <b>CASOS PRÁCTICOS .....</b>                                                                                           | <b>31</b> |
| <b>CASO PRÁCTICO 1</b>                                                                                                 |           |
| <b>EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO<br/>    DE AGUA DE RESSANO GARCÍA, MOZAMBIQUE .....</b> | <b>33</b> |
| <i>ADA GÓNZALEZ ÁLBERT</i>                                                                                             |           |
| I.1. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA .....                                                                              | 33        |
| I.2. CONTEXTO .....                                                                                                    | 34        |
| I.2.1. MOZAMBIQUE .....                                                                                                | 34        |
| I.2.2. INDICADORES GENERALES .....                                                                                     | 34        |
| I.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO .....                                                               | 37        |
| I.3.1. CLASIFICACIÓN .....                                                                                             | 37        |
| I.3.2. FUNCIONAMIENTO .....                                                                                            | 38        |
| I.4. ANÁLISIS DEL SISTEMA .....                                                                                        | 40        |
| I.4.1. COBERTURA .....                                                                                                 | 40        |
| I.4.2. DEMANDA DE AGUA .....                                                                                           | 41        |
| I.4.3. AGUA NO CONTABILIZADA .....                                                                                     | 42        |
| I.4.4. RECUPERACIÓN DE COSTES .....                                                                                    | 44        |
| I.4.5. GESTIÓN .....                                                                                                   | 48        |
| I.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                                                              | 48        |
| I.6. DIRECTRICES PARA LA EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE<br>PEQUEÑOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA .....       | 49        |
| I.7. REFERENCIAS .....                                                                                                 | 51        |

## **CASO PRÁCTICO 2.**

### **PROYECTO DE UN CAMINO DE TODO TIEMPO EN UNA COMUNIDAD RURAL DEL NORTE DE NICARAGUA .....**

*MANUEL GÓMEZ DE LA MEMBRILLERA*

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| II.1. INTRODUCCIÓN .....                             | 55 |
| II.2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO.....            | 56 |
| II.3. NECESIDAD DEL PROYECTO Y ALTERNATIVAS.....     | 58 |
| II.4. PRINCIPALES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO ..... | 62 |
| II.5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA .....     | 62 |
| II.5.1. TRAZADO DEL CAMINO.....                      | 62 |
| II.5.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS .....                  | 64 |
| II.5.3. ESTUDIO DE MATERIALES .....                  | 64 |
| II.5.4. SECCIÓN TIPO Y AFIRMADO PARA EL CAMINO ..... | 64 |
| II.5.5. OBRAS DE FÁBRICA Y DRENAJE .....             | 65 |
| II.5.6. PUENTE VEHICULAR NECESARIO .....             | 65 |
| II.5.7. CONSIDERACIONES DE TIPO AMBIENTAL .....      | 67 |
| II.5.8. SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LAS OBRAS .....    | 68 |
| II.5.9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....               | 68 |
| II.5.10. PLAN DE TRABAJOS.....                       | 69 |
| II.6. CONCLUSIONES .....                             | 71 |

## **CASO PRÁCTICO 3.**

### **ESTUDIO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MARCO DEL PROYECTO DE MEJORA INTEGRAL DEL HÁBITAT DEL ASENTAMIENTO IRREGULAR MOLINO BLANCO, ROSARIO, ARGENTINA.....**

*SERGIO BELDA MIQUEL*

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| III.1. ANTECEDENTES DEL PFC .....           | 73 |
| III.2. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA ..... | 74 |
| III.3. CONTEXTO GENERAL.....                | 75 |
| III.3.1. LA CIUDAD DE ROSARIO .....         | 75 |
| III.3.2. EL PROGRAMA ROSARIO HÁBITAT .....  | 76 |
| III.4. EL PROYECTO MOLINO BLANCO .....      | 76 |
| III.4.1. ANTECEDENTES .....                 | 76 |
| III.5. DESCRIPCIÓN GENERAL.....             | 77 |
| III.5.1. PRINCIPALES ACTORES.....           | 77 |
| III.5.2. LÓGICA DE LA INTERVENCIÓN.....     | 78 |



|                                                                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| III.6. EL SUBCOMPONENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE<br>DEL PROYECTO MOLINO BLANCO .....                                           | 78        |
| III.6.1. DISEÑO DEL SUBCOMPONENTE .....                                                                                                 | 78        |
| III.7. MODALIDADES DE EJECUCIÓN.....                                                                                                    | 80        |
| III.7.1. RESPONSABILIDADES Y AGENTES IMPLICADOS EN LAS FASES. ....                                                                      | 80        |
| III.7.2. CALENDARIO DE EJECUCIÓN .....                                                                                                  | 81        |
| III.7.3. MONITOREO Y EVALUACIÓN.....                                                                                                    | 81        |
| III.7.4. FACTORES DE VIABILIDAD DEL SUBCOMPONENTE.....                                                                                  | 81        |
| III.7.5. PARTICIPACIÓN Y APROPIACIÓN POR PARTE DE LOS BENEFICIARIOS. ....                                                               | 82        |
| III.7.6. IGUALDAD ENTRE MUJERES Y HOMBRES .....                                                                                         | 82        |
| III.7.7. VIABILIDAD TÉCNICA .....                                                                                                       | 82        |
| III.7.8. VIABILIDAD ECONÓMICA: BENEFICIO SOCIAL.....                                                                                    | 84        |
| III.7.9. VIABILIDAD FINANCIERA: BENEFICIO EMPRESARIAL. ....                                                                             | 86        |
| III.7.10. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA .....                                                                                                | 87        |
| III.8. CONCLUSIONES .....                                                                                                               | 89        |
| III.9. ANEJO 1:                                                                                                                         |           |
| ÁRBOLES DE PROBLEMAS, OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS.....                                                                                      | 90        |
| III.9.1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS.....                                                                                                      | 90        |
| III.9.1.2. ÁRBOL DE PROBLEMAS (CONTINUACIÓN).....                                                                                       | 91        |
| III.9.2.1. ÁRBOL DE OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS.....                                                                                        | 92        |
| III.9.2.2. ÁRBOL DE OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS (CONTINUACIÓN).....                                                                         | 93        |
| III.10. ANEJO 2:                                                                                                                        |           |
| CUADRO LÓGICO DEL SUBCOMPONENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE<br>DEL PROYECTO DE MEJORA INTEGRAL DEL HÁBITAT DE MOLINO BLANCO ..... | 94        |
| <br><b>CASO PRÁCTICO 4.</b>                                                                                                             |           |
| <b>PROYECTO DE APOYO A LA CONSERVACIÓN PERIÓDICA DE<br/>    CARRETERAS EN LA REPÚBLICA DE BENIN .....</b>                               | <b>97</b> |
| ANTONIO JOSÉ TORRES MARTÍNEZ                                                                                                            |           |
| IV.1. INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                 | 97        |
| IV.2. CONTEXTO.....                                                                                                                     | 98        |
| IV.3. INTERVENCIÓN .....                                                                                                                | 100       |
| IV.4. FACTORES DE VIABILIDAD.....                                                                                                       | 102       |
| IV.5. CONCLUSIONES.....                                                                                                                 | 109       |

## **CASO PRÁCTICO 5.**

### **UTILIZACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIALES EN LA PREPARACIÓN DE TEJAS DE MORTERO, UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y ECOLÓGICA PARA LOS PAÍSES DEL SUR**

*ROSANA MÉNDEZ MUTSCHLER; JOSÉ M. MONZÓ BALBUENA; MARÍA VICTORIA BORRACHERO ROSADO*

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| V.1. ANTECEDENTES DEL TRABAJO .....                                         | 113 |
| V.2. PROBLEMÁTICA Y CONTEXTO .....                                          | 113 |
| V.2.1. LA VIVIENDA: DE DERECHO CONSTITUCIONAL A NEGOCIO DEL SIGLO XXI ..... | 113 |
| V.2.2. LA HEGEMONÍA DEL SECTOR INFORMAL.....                                | 114 |
| V.2.3. EL DESCONTROLADO INCREMENTO DEL DÉFICIT DE VIVIENDA .....            | 115 |
| V.2.4. LA INTENSIFICACIÓN DE LOS FENÓMENOS NATURALES .....                  | 116 |
| V.2.5. EL CEMENTO: CARO Y CONTAMINANTE .....                                | 116 |
| V.3. SOLUCIONES SOSTENIBLES .....                                           | 117 |
| V.3.1. TEJAS DE MICRO HORMIGÓN .....                                        | 119 |
| V.3.2. OPORTUNIDADES PARA MICRO-EMPRESAS .....                              | 119 |
| V.3.3. UNA ESTRATEGIA PARA EL ALIVIO DE DESASTRES.....                      | 120 |
| V.3.4. SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO.....                                         | 120 |
| V.4. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS .....                                   | 122 |
| V.4.1. MATERIALES .....                                                     | 123 |
| V.4.2. AMASADO DEL MORTERO .....                                            | 123 |
| V.4.3. CONFORMADO DE TEJAS.....                                             | 124 |
| V.4.4. MÉTODOS DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS .....                                | 125 |
| V.5. APLICACIONES A CASOS REALES.....                                       | 127 |
| V.6. CONCLUSIONES.....                                                      | 128 |
| V.7. AGRADECIMIENTOS.....                                                   | 128 |
| V.8. REFERENCIAS.....                                                       | 129 |



## PREFACIO

La presente publicación forma parte de la colección que, bajo el título “*Cuadernos de Cooperación para el Desarrollo*”, promueve el Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia con objeto de poner al alcance de la comunidad universitaria elementos de discusión, reflexión y debate sobre la cooperación para el desarrollo.

Con esta publicación pretendemos acompañar el proceso de incorporación de las universidades españolas al ámbito de la cooperación para el desarrollo, bajo las metas y objetivos de la Estrategia de Cooperación Universitaria al Desarrollo, ESCUDE, aprobada por la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE) el año 2000. Según se concreta en la estrategia, las universidades deben, entre otras acciones, promover la formación en temáticas relevantes para la cooperación al desarrollo en los niveles de grado y posgrado. Bajo estas directrices, la Universidad Politécnica de Valencia viene impulsando, desde hace varios años, programas formativos a nivel de grado y posgrado, donde se aborda el rol que puede desempeñar la tecnología al servicio del desarrollo humano.

Un área de especial interés dentro de estas reflexiones la constituyen los proyectos de infraestructuras que, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, se ha abordado a nivel de grado desde la asignatura de libre elección “*Proyectos de cooperación al desarrollo e infraestructuras*”, impartida por los profesores Antonio J. Torres Martínez y José María Monzó Balbuena. En ésta, alumnos de la escuela se acercan, en ocasiones por primera vez, a la realidad de la cooperación para el desarrollo, y estudian la tipología específica de los proyectos de infraestructuras en este sector. Las experiencias de estos y otros profesores de esta escuela, así como de antiguos alumnos en estos proyectos motivó la elaboración de este cuaderno, para recoger ese bagaje y ponerlo al servicio de los nuevos alumnos que, en ésta u otras asignaturas, requieran herramientas para reflexionar sobre la práctica de la ingeniería civil en el ámbito del desarrollo. Así, este libro recoge algunos casos prácticos que han formado parte de proyectos finales de carrera ya realizados por antiguos alumnos.

El cuaderno está orientado, por tanto, a estudiantes del área de la ingeniería civil, que sientan un interés por el desempeño de su labor profesional en la cooperación al desarrollo. No obstante, el libro no profundiza en exceso en conocimientos técnicos propios de la ingeniería y será útil, asimismo, para aquellas personas con conocimientos básicos de cooperación al desarrollo, que quieran conocer el marco en el que se plantean los proyectos de infraestructuras en cooperación. Además, también es posible leer el texto desde otros enfoques, como el que lleva a reflexionar sobre las condiciones y dificultades que encuentran los alumnos de ingeniería que deciden realizar su Proyecto Final de Carrera, PFC, en el ámbito de la cooperación: las problemáticas concretas que se encuentran en este contexto, diferentes a los habituales PFC orientados a proponer soluciones a problemas de ingeniería identificados en el Norte.

El cuaderno se compone de un capítulo teórico introductorio y de cinco casos prácticos. Los cinco casos prácticos analizan: la rehabilitación de una red de agua potable en una zona rural en Mozambique, el diseño de un camino de todo tiempo en Nicaragua, la red

de abastecimiento de agua potable en un sector de la ciudad argentina de Rosario, la conservación de carreteras en Benín y las tejas de micro hormigón con sustitución parcial del cemento por materiales puzolánicos. Como ya hemos expuesto, son casos prácticos, propuestos como ejercicios de estudio, que no profundizan en el soporte teórico de conceptos de ingeniería necesarios para darles solución. Estos fundamentos teóricos, si se quieren conocer en detalle, se deberán consultar en los textos habituales propios de ingeniería civil.

Antecediendo a estos cinco casos prácticos, se creyó conveniente incorporar un capítulo introductorio que reflexionase sobre las distintas visiones que desde la práctica del desarrollo se han dado sobre la tecnología. Si bien esta reflexión es incompleta, por superficial, y porque quedará rápidamente desfasada por los nuevos enfoques que se estén dando en este ámbito, pretende dar un soporte teórico y conceptual muy general que permita articular mejor la reflexión que los casos prácticos puedan suscitar. No es necesario leer el capítulo introductorio para comprender los casos prácticos pero, para el estudiante de ingeniería, serán de gran ayuda los conceptos expuestos en este capítulo para articular una reflexión más clara. El capítulo introductorio se centra, de manera muy genérica, en la intersección entre tecnología y cooperación al desarrollo, sin profundizar extensamente en las especificidades de las infraestructuras. Excede el objetivo de esta monografía ofrecer un detallado análisis sobre las infraestructuras en el ámbito del desarrollo. Antes se pretende, como ya se ha dicho, ofrecer herramientas para la reflexión de aquellos lectores con conocimientos de ingeniería, sobre los motivos por los cuales un proyecto de infraestructuras en el ámbito del desarrollo “funciona”, es “eficaz” o “eficiente”, tanto en términos técnicos como, desde luego, de desarrollo.

Finalmente, queremos agradecer a todas las personas que han participado en la elaboración de este volumen su colaboración. Especialmente a todos los autores, por su trabajo, confianza, y paciencia hasta haber visto, por fin, sus textos publicados. También hemos de agradecer a todo el personal del Centro de Cooperación al Desarrollo su apoyo y atención, que han hecho posible que este libro vea la luz.

Por último, esperamos haber satisfecho el interés, necesidad de ejemplos prácticos, o simple curiosidad, de aquellos lectores que se hayan acercado a este cuaderno.

Los editores,  
*Centro de Cooperación al Desarrollo*  
*Universidad Politécnica de Valencia*



## PRÓLOGO

La presente publicación representa sin duda el interés del Centro de Cooperación al Desarrollo de hacer visible el trabajo en cooperación al desarrollo de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCyP) a través de la recopilación de algunos de los trabajos académicos llevados a cabo en la misma y en los que han participado alumnos y profesores sensibles con la problemática del desarrollo y comprometidos desde su trabajo diario en la Universidad Politécnica de Valencia.

El cuaderno pone al servicio de la comunidad universitaria y más concretamente de la ETSICCyP una herramienta útil de trabajo que sin duda ayudará a la reflexión y debate sobre el papel de la Ingeniería Civil en el desarrollo. La variedad de los trabajos presentados nos da una idea del amplio abanico de posibilidades que tienen los ingenieros civiles que quieran orientar su trabajo hacia el desarrollo y la cooperación internacional.

Por último, no nos queda más que agradecer a los estudiantes y profesores que han participado en el proyecto, así como el interés mostrado por la ETSICCyP en fortalecer estos trabajos, lo que representa sin duda un compromiso con el desarrollo humano.

José María Monzó Balbuena

*Catedrático de Universidad*

Antonio José Torres Martínez

*Titular de Universidad*







# TECNOLOGÍA Y COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO

PABLO ARRIBAS GINER, ÁLVARO FERNÁNDEZ-BALDOR MARTÍNEZ

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas, la tecnología y el ámbito del desarrollo han venido siendo universos con cada vez más elementos en común. Las posibilidades tecnológicas para resolver problemáticas del desarrollo han ido tomando protagonismo tanto en los círculos tecnológicos como en los propios de la agenda del desarrollo. Las grandes agencias internacionales dedicadas al desarrollo han venido elaborando informes donde analizan esas opciones<sup>1</sup>. También han surgido institutos y centros de investigación centrados en sectores tecnológicos dedicados a la problemática del desarrollo, como el *Centre for Social, Technological and Environmental Pathways to Sustainability* (STEPS) en el Reino Unido, el *Centre for Ethics and Technology* en Holanda o el *National Institute of Science, Technology and Development Studies* (NISTADS) en la India. Además, son muchas las ONGD que se han especializado en aplicar soluciones tecnológicas a sus proyectos, como es el caso de Practical Action o Ingeniería Sin Fronteras. El informe del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, de 2001, titulado “Poner el adelanto tecnológico al servicio del Desarrollo Humano”, visibilizó definitivamente la emergencia de este encuentro entre tecnología y desarrollo.

Sin embargo, para que todo esto haya ocurrido han debido tener lugar, además, importantes cambios en la visión que la tecnología ha tenido de sí misma, de su ámbito de actuación y alcance, de sus riesgos y ventajas, de sus orígenes y también de sus objetivos. Ése es el proceso que intentaremos explicar brevemente en este capítulo introductorio, haciendo un recorrido por la evolución que han mantenido la tecnología y el desarrollo en las últimas décadas.

## 2. TECNOLOGÍA APLICADA AL DESARROLLO. VISIONES Y EVOLUCIÓN

A lo largo de la historia la tecnología ha sido una herramienta muy valiosa para el desarrollo. Desde la rueda, que nos permite transportar cargas pesadas, hasta el actual GPS, que nos facilita la posición con exactitud y la altitud con precisión. A su vez, la tecnología ha sido utilizada para intentar erradicar la pobreza o, al menos, disminuir las diferencias entre el norte y el sur. Sin embargo, el modo en que se ha empleado la tecnología, y la visión que se ha tenido de la misma, no ha sido siempre igual, sino que existen distintas interpretaciones.

Hasta mediados del siglo XX se puede decir que predomina una visión tecno-optimista, en donde la ciencia es neutral y universal (Dagnino, 2002). La tecnología es progreso, y no se cuestionan los valores que tras ella se esconden ni las consecuencias ambientales o sociales que se puedan derivar del adelanto tecnológico. Sin embargo, acontecimientos importantes a nivel mundial, como los primeros desastres nucleares que se producen en la

---

<sup>1</sup> Ver por ejemplo UNCTAD (2008), BM (2004) o UNESCO (2003).



década de 1950, provocan que la sociedad en general, y el mundo académico en particular, comience a cuestionar el positivismo tecnológico heredado del siglo XIX (Moñux, 1999).

Prueba de ello son los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad que surgen en la década de 1960 o los movimientos sociales (ambientalistas, principalmente) también de las décadas de 1960 y 1970. Culpa de este cambio la tienen obras como “La primavera silenciosa” de Rachel Carson (1962), referente en cuanto al impacto de la tecnología y el progreso en el medio ambiente, o “La estructura de las revoluciones científicas” de Thomas S. Kuhn (1962, citado en Moñux, 1999), donde se sostiene que la ciencia es una interpretación humana de la naturaleza y, por lo tanto, debía ser considerada en el contexto humano en que se iba produciendo.

Es, a partir de este punto de inflexión, que se introducen nuevas visiones de la tecnología, y que afectarán a la manera en que se produce la cooperación al desarrollo en su vertiente más tecnológica.

En los siguientes apartados analizaremos las tendencias que, por su consistencia conceptual, hemos considerado más relevantes para poner en relación la tecnología y el desarrollo en las últimas décadas. Las tres visiones de la tecnología que expondremos están ordenadas cronológicamente, si bien no se podría decir que donde ha terminado la práctica de una, ha comenzado la de otra. Algunas se superponen, como también lo hacen sus supuestos. Algunos de éstos son acumulativos. Otros, son directamente contradictorios.

En todas ellas hemos hecho un esfuerzo por identificar la motivación de los conceptos: tanto práctica, sujeta a tendencias o prioridades en las agendas del desarrollo; como teórica, centrada en las reflexiones de la naturaleza de la tecnología, la sociedad y la ciencia que han evolucionado con el tiempo en un mundo de problemas de alcance global.

## 2.1. *TECNOLOGÍA APROPIADA*

El origen del concepto de Tecnología Apropiada (TA) puede situarse en el pensamiento de Gandhi en la India colonial (Motta, 1996). El pensador y político indio Mahatma Gandhi utilizó en su movimiento la recuperación de una técnica productiva muy arraigada en la cultura popular con un gran simbolismo político frente al colonizador británico. Su intención era promover “una producción descentralizada a cargo de las masas”, siempre bajo la siguiente afirmación: “si las aldeas perecen, la India también perece”.

Inspirado por esta recuperación de tecnologías y métodos productivos tradicionales, E. F. Schumacher, economista de origen alemán, ideó a finales de los años 60 el concepto de Tecnología Intermedia. En su obra “Lo pequeño es hermoso” (1973) proponía una visión de la tecnología que tenía en cuenta el marco de la pobreza desde una visión integral de la misma, en el marco de las dinámicas económicas. Lo fundamentaba en el contexto de la extrema pobreza rural, caracterizada como sigue: los pobres viven subempleados o desempleados; los trabajos que realizan son de una productividad extremadamente baja; la mayoría de ellos no tiene tierra, o tiene poca; el desempleo rural provoca la migración masiva a las ciudades, que resulta en una inserción fallida en el mercado laboral y, en definitiva, desemboca en situaciones de marginalidad.



Schumacher proponía el desarrollo económico y social de las áreas rurales, evitando las grandes migraciones a las ciudades y creando una industria “a escala”: poco intensiva en capital, que priorizase las oportunidades de empleo antes que la productividad, que no despreciase la capacidad productiva de los sectores tradicionales, y que no generase dependencias externas debido a su complejidad.

Por lo tanto, la pieza que encajaría en este puzzle sería la Tecnología Intermedia, tal y como la denominó Schumacher. Las características de la Tecnología Intermedia serían, entre otras, producir oportunidades de empleo, ser intensiva en mano de obra antes que en capital, la pequeña escala, la simplicidad tecnológica, el aprovechamiento de los recursos y materiales locales y situarse en un plano intermedio, es decir, más barata que la sofisticada, pero más productiva que la tradicional.

El enfoque de Schumacher era claro: había que tener una visión local o regional del desarrollo, centrada en los recursos humanos y prácticas existentes, que no generase dependencias externas, y que no promoviese migraciones entre regiones por diferencias de desarrollo económico. El enfoque pretendía, además, promover la creación de estructuras productivas y organizativas localizadas, aunque fácilmente replicables dentro de una misma región.

La apuesta por crear empleo antes que por generar una industria muy productiva, por medio de alta tecnología, entraba en fuerte contradicción con el pensamiento económico del momento. Se enfrentan aquí una visión tecnocrática del desarrollo, predominante en aquel momento en el planeta (años 70), con una visión de aprovechamiento de recursos locales. Schumacher era claro ante esto: en un contexto de pobreza extrema, el empleo, aunque sea poco productivo, cataliza otros procesos de desarrollo muy positivos.

En torno al concepto de Tecnología Intermedia, Schumacher fundó en el Reino Unido el *Intermediate Technology Development Group* (ITDG) para difundirlo y ponerlo en práctica. Sin embargo, el concepto de Tecnología Intermedia sufrió reinterpretaciones a la luz de distintas visiones de las posibilidades del desarrollo de las zonas muy pobres, y terminó reapareciendo el término de **Tecnología Apropriada** (TA), que es el que más se ha consolidado y el que hemos heredado hasta nuestros días.

Huelga decir que el concepto de TA sitúa a la tecnología en un terreno antes poco explorado: filósofos, economistas o sociólogos teorizaban sobre el tipo de sociedad que promovía una tecnología, los efectos sobre los derechos de personas o colectividades, o la sostenibilidad del desarrollo que se generaba.

La TA no nace del impulso de nuevos avances científicos ni técnicos que cristalizan en nuevas prácticas productivas o innovadores artefactos. Antes, surge del ambiente de cuestionamiento del futuro y viabilidad de la sociedad tecnológica moderna de finales de los 60, cuando aparecen el movimiento ecologista y otras visiones alternativas de la sociedad. Sobre todo, se inspira en una mirada de alcance global sobre la grave pobreza que aquejaba a parte de la humanidad.



Esta diferencia fundamental con los procesos de creación tecnológica tradicionales, mediante pura innovación científica, transformará para siempre el rol y la visión de la tecnología en la sociedad.

**Tabla 1. Características de la TA según las dimensiones del concepto.**

|    | <b>Características</b>                                          | <b>Dimensiones</b> |                   |                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
|    |                                                                 | <b>Sociales</b>    | <b>Económicas</b> | <b>Técnicas</b> |
| 1  | Orientación a las personas de más bajos ingresos                | X                  | X                 |                 |
| 2  | Orientación a la satisfacción de necesidades básicas            | X                  | X                 |                 |
| 3  | Orientación a la creación de empleo masivo                      | X                  | X                 |                 |
| 4  | Tener bajo costo relativo                                       |                    | X                 |                 |
| 5  | Baja inversión por puesto de trabajo                            |                    | X                 |                 |
| 6  | Privilegiar el uso intensivo de trabajo antes que el de capital |                    | X                 |                 |
| 7  | Sencillez en el diseño y construcción                           |                    |                   | X               |
| 8  | Facilidad en la operación y mantenimiento                       |                    |                   | X               |
| 9  | Escaso impacto ambiental                                        | X                  |                   | X               |
| 10 | Fácil control                                                   |                    |                   | X               |
| 11 | Un mercado definido y determinado                               |                    | X                 |                 |
| 12 | Hacer uso de materiales y recursos naturales locales            | X                  |                   | X               |
| 13 | Requerir bajo consumo de materiales y energía                   | X                  | X                 | X               |
| 14 | Ser de fácil adaptación al medio natural y social               | X                  |                   | X               |

*Fuente: elaboración propia, basado en Motta (1996)*

En la tabla 1 podemos apreciar la interrelación de las dimensiones en las diferentes características que definen la TA, evidenciando la multidimensionalidad del propio concepto de TA, que excede el de un simple conjunto de condiciones técnicas o funcionales, y pasa a incorporar aspectos económicos y sociales.

Evidentemente, muchas de las tecnologías conocidas no cumplen todas las características citadas. La práctica de la TA supondrá, por tanto, abordar el desarrollo tecnológico mediante alguna de las siguientes estrategias: la recuperación de tecnologías antiguas o en desuso, mejorándolas si procede; la simplificación de tecnologías modernas; la adopción de tecnología apropiada utilizada en otros países; o la invención directa de nuevas tecnologías apropiadas.

La TA pone en práctica una visión constructiva de la tecnología, nacida en el plano teórico en la filosofía de la ciencia, donde la tecnología ya no es un derivado directo de la universalidad y neutralidad de la ciencia. Al contrario, la tecnología, la ciencia y la sociedad



interactúan en dinámicas que hay que estudiar, sin perder de vista los derechos de las personas, las dinámicas de poder, la complejidad económica o en concreto las necesidades de los pobres. A la luz de esto, las tecnologías debían ser “apropiadas”.

**Cuadro 1. Ejemplo de tecnología apropiada: la bomba de mecate.** Basado en IRDC (2010).

La bomba de mecate es una bomba manual utilizada para extraer agua del subsuelo. Se usa principalmente en pozos de poca profundidad para extraer agua para consumo humano o para regar las tierras.

Se trata de una cuerda o maroma (conocida como *mecate* en América Latina) en la cual se atan de manera equidistante unos pistones de plástico mediante nudos. Al hacer pasar la cuerda por un circuito cerrado (por un tubo del grosor de los pistones de plástico), es posible mover de manera continua agua hacia la superficie. Su fácil construcción y el aprovechamiento de recursos locales, hacen de ella una tecnología apropiada frente a bombas movidas por motores u otras formas de extracción de agua que requieren mayor coste de inversión y mantenimiento.

De hecho, la bomba de mecate la componen principalmente una cuerda, una bicicleta (que facilita el bombeo) y desechos de cubos de plástico. Es decir, es una manera de reciclar una bicicleta y cubos de plástico.

Bajo una visión de la tecnología que busque la eficacia y la eficiencia, obviando el contexto en que ésta se implemente, parece claro que un pozo accionado por una bomba eléctrica sería mejor pues probablemente aportaría más agua por unidad de tiempo. Son más eficaces, previsiblemente más eficientes también.

Sin embargo, la visión de la TA dirá que una bomba automática requerirá importar piezas, necesita mantenimiento, contamina y requiere combustible (no siempre barato y disponible). Por el contrario, la bomba de mecate reutiliza materiales desechados, es de fácil mantenimiento y simple instalación, de bajo coste y no contaminante ni en uso ni en fabricación, por lo que se considera apropiada.

Concluyendo, la opción más apropiada es la que menos dependencias genera del exterior, así como la que más asequible es para el contexto en que debe ser utilizada. No es, necesariamente, menos eficaz o eficiente. No niega la eficacia de la solución tecnológica, sino que la contextualiza de nuevo añadiendo otras condiciones que también debe satisfacer.



## 2.2. *TECNOLOGÍA SOCIAL*

El concepto de Tecnología Apropriada fue decayendo conforme fue cambiando la práctica de la ayuda al desarrollo, pese a que todavía existen iniciativas y proyectos que caben en esta definición, e incluso son muchos los contextos en los que se sigue utilizando. No obstante, su impacto conceptual perdura en otras visiones de la tecnología que han incorporado algunos de sus supuestos. Una de las variantes, si podemos llamarla así, que más arraigo ha alcanzado en América Latina son las llamadas **Tecnologías Sociales**: una especie de Tecnologías Apropriadas acondicionadas a la escala de comunidades usuarias, caracterizadas para sus necesidades y desde su perspectiva. En este caso se pone el acento en la “apropiabilidad” delimitada por la compatibilidad cultural de la comunidad usuaria y las prácticas tecnológicas, la participación en el diseño de soluciones finales, o los roles de poder que se imponen en el uso.

En el plano teórico el concepto de Tecnología Social (TS) se ha ligado a propuestas de políticas de Ciencia y Tecnología alternativas al capitalismo y la globalización neoliberal desde el contexto de América Latina: los países periféricos, en terminología de Renato Dagnino (1976), no deben ser meros consumidores de patentes; además, los modelos de difusión tecnológica ideados desde los países desarrollados deben ser contextualizados nuevamente.

Podemos tomar como referencia la definición de TS que adopta el Instituto de Tecnología Social de Brasil (PASSONI, 2004, p. 26): “... conjunto de técnicas y metodologías transformadoras, desarrolladas y/o aplicadas en interacción con la población y apropiadas para ella, que representan soluciones para la inclusión social y la mejoras de las condiciones de vida”.

La Tecnología Social (TS) se inspira en unos principios de aprendizaje y participación, con la idea de buscar la transformación social, en la que los individuos son capaces de generar conocimiento y aprender. Es evidente, se insiste en la definición, el carácter transformador y participativo de técnicas y metodologías. Por otro lado, la TS está dotada de objetivos claros: la inclusión social y la mejora de las condiciones de vida de las personas más vulnerables. Conceptualmente promueve la creación de conocimientos a partir de la práctica y genera aprendizajes a partir de experiencias, con el fin de poder aplicarlos en situaciones similares.

El impacto del concepto en la práctica se sitúa en diversos niveles: en cuanto a la relación entre la producción de Ciencia y Tecnología y la Sociedad, la TS afirma que ésta está sujeta a relaciones sociales, culturales y económicas, y no es, por tanto, neutra. En este marco de interacciones, las demandas sociales deberán ser prioritarias en las investigaciones científicas, pues la producción de conocimiento debe transformar la sociedad, promoviendo la justicia social. Una vía para este fin será la democratización del saber y la promoción del acceso al conocimiento. Además, será fundamental la evaluación de los riesgos e impactos de aplicación de las tecnologías, tanto ambientales como sociales, económicos y culturales. Para todo esto, es imprescindible la participación de la sociedad civil en las políticas públicas.



Sobre el conocimiento, la TS enfatiza la búsqueda de soluciones a las demandas sociales vividas por la población. Para esto, se debe ampliar la noción de conocimiento: tanto el conocimiento científico-técnico, como el tradicional o el popular, pueden ser una fuente de soluciones.

Sobre las dinámicas sociales, promueve el empoderamiento de la población, siendo el intercambio de conocimiento una herramienta fundamental para ello. No obstante, para tener éxito en la concitación de intereses contrapuestos de diferentes actores, se deberá transformar el modo en como todas las personas se relacionan con una demanda social determinada, partiendo de la participación de todos. Será necesario, pues, el desarrollo de instrumentos para realizar diagnósticos y evaluaciones participativas.

Son todas estas características las que convierten a la TS en una herramienta de transformación social.

Pese a las similitudes con la TA, parecen claras las diferencias desde el origen: la TA se originó desde un marco teórico económico que buscaba una respuesta a los problemas de las regiones más empobrecidas y alejadas de los círculos de creación de riqueza de las grandes ciudades. La TA obviaba, sin embargo, el contexto de zonas urbanas donde la falta de acceso de algunos grupos de población a la creación de riqueza se explica con facilidad por dinámicas de poder entre grupos de interés (Dagnino, Novaes y Frias, 2004). Además, se critica que la TA fue ideada desde el determinismo tecnológico y suponiendo la neutralidad tecnológica, impidiendo dotar a la TA de un objetivo claro, más allá de los problemas técnicos que resuelve (DAGNINO, 2007).

Aunque la TA suponía un cuestionamiento de los modelos de acumulación del capitalismo periférico, éste no llegaba a la raíz del problema. Otra gran parte de las críticas a la TA se centran en que desde el Norte se buscaban soluciones “apropiadas” para los países del Sur, con lo que no se valoraba el conocimiento local y encima se aumentaba la dependencia tecnológica Norte-Sur (LEACH Y SCOONES, 2006).

En el caso de la TS, el impulso teórico se origina en las respuestas desde la sociología a los patrones de difusión y creación de Ciencia y Tecnología, entroncando directamente con los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Éstas cuestionan las dinámicas de las políticas de Ciencia y Tecnología de los países desarrollados: desde la definición de actores involucrados en las políticas, su interacción, la dimensión de sus van a utilizar, en el propio lugar de producción de bienes y servicios que van a incorporarlo.

Cabe reconocer la particularidad de la Tecnología Social: es fuertemente deudor del concepto de Tecnología Apropiaada, aunque lo supera en sus planteamientos de división del trabajo o poder de los usuarios finales. Pese a que los defensores de la TS critican la TA, la primera no introduce ninguna aportación teórica fundamental, más allá de la transposición de las teorías de la filosofía y la sociología de la ciencia del entorno de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, a la realidad del subdesarrollo en América Latina. Ésa es, probablemente, su mayor aportación.

La TS es, por tanto, una visión nacida desde el Sur para ser aplicada en el Sur, especialmente en las comunidades de menor desarrollo.



Es necesario admitir, finalmente, el origen ideológico del concepto de TS: parte de una visión política que niega los consensos del capitalismo neoliberal. Si acaso, este reconocimiento sirve para evidenciar las afirmaciones que la propia teoría propone: que el conocimiento científico, el sociológico incluido, se resuelve entre conflictos de interés de actores involucrados.

### 2.3. *TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO*

La última visión de la tecnología que abordaremos es la Tecnología para el Desarrollo Humano (TDH). Si bien la Tecnología Apropriada nacía originariamente de una problematización de la extrema pobreza desde el pensamiento económico, o la Tecnología Social incorporaba las reflexiones de la sociología de la ciencia para el caso de América Latina, aquí el punto de partida es un nuevo concepto de desarrollo: el Desarrollo Humano.

En la década de 1990 el economista y premio Nobel Amartya Sen, junto a otros pensadores como Ul Haq, proponen el concepto de Desarrollo Humano como un modelo de desarrollo centrado en la ampliación de las opciones de elección libres de todas las personas (ver por ejemplo, SEN, 1999 y UL HAQ, 1995). Naciones Unidas consolida el concepto mediante el Informe anual de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que intenta medir mediante un único índice, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el progreso de todos los países. El concepto es abierto, con espíritu de alcance global: pretende servir tanto para países ricos como pobres, o para culturas diferentes.

Esta visión del desarrollo pone la libertad de las personas en el centro del proceso, superando la visión más economicista centrada en evaluar únicamente los ingresos per cápita. Así, el Índice de Desarrollo Humano, IDH, medido por el PNUD, se centrará en medir tres dimensiones: la longevidad, los conocimientos y un nivel de vida decoroso. Estadísticamente mide, entre otros, la esperanza de vida, el nivel educacional (la alfabetización de adultos y la matriculación combinada en las enseñanzas primaria, secundaria y terciaria) y el ingreso per cápita ajustado por la paridad del poder adquisitivo (PPA en dólares norteamericanos).

#### a) **La visión del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo**

En el año 2001 el PNUD dedicará su informe anual de referencia a la tecnología al servicio del desarrollo humano, poniendo el concepto de **Tecnología para el Desarrollo Humano** (TDH) en el centro de la agenda del desarrollo.

Según las ideas del PNUD, los avances tecnológicos de los últimos tiempos, como las tecnologías de la información, la biomedicina o la genética, configuran oportunidades excepcionales para erradicar la pobreza, pues permiten mejorar la salud y la nutrición, ampliar los conocimientos, fomentar el crecimiento económico y capacitar a las personas para participar en la vida de sus comunidades.

De acuerdo a esta visión, la tecnología afecta doblemente al desarrollo humano (ver Figura 1). Por un lado, de manera directa, porque a mayor avance tecnológico más adelantos se producen en la medicina, las comunicaciones, la energía, etc. y eso redundará en el desarrollo humano (por ejemplo, vivir una vida más larga o disfrutar de un nivel de vida



decoroso). Y por otro lado, afecta indirectamente, porque el cambio tecnológico produce aumentos productivos que se traducen en crecimiento económico, que a su vez permite que haya más recursos para educación, salud, comunicaciones, etc. que terminan favoreciendo el Desarrollo Humano. Es así como el PNUD difunde el concepto de Tecnología para el Desarrollo Humano (TDH).

### Vínculos entre la tecnología y el desarrollo humano

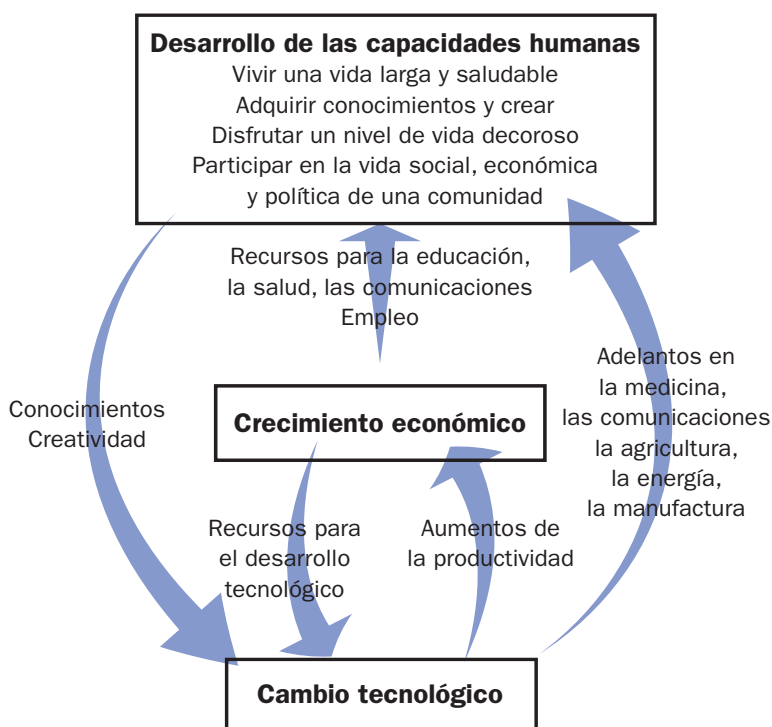


Figura 1. Vínculos entre tecnología y desarrollo humano.

Fuente: PNUD (2001)

La TDH se definirá, entonces, en relación al concepto de Desarrollo Humano. En concreto, recogiendo la aproximación de Pérez-Foguet (2005 y 2005a), los objetivos de la TDH se relacionan con el IDH como sigue:

**Tabla 2. Relación entre el IDH y la TDH.**

| Ejes del IDH                                                        | Objetivos de la TDH                                                   |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Aumento de la esperanza de vida                                     | Satisfacción de derechos y provisión de servicios básicos con equidad |
| Recursos necesarios para una vida digna                             | Promoción de opciones de producción y participación social            |
| Aumento de la educación, como capacidad de gestión de conocimientos | Promoción de la autonomía y sostenibilidad                            |

*Fuente: elaboración propia a partir de Pérez-Foguet y otros (2005).*

Según Pérez-Foguet (2005a), el enfoque de TDH implica observar la tecnología desde tres puntos de vista, que corresponden con los ejes del IDH propuestos por el PNUD. Primeramente, la tecnología debe garantizar los derechos básicos y el acceso a servicios básicos con equidad y un mínimo de dignidad. Segundo, debe garantizar la producción y las capacidades de participación social. Y tercero, debe ser sostenible y promover el empoderamiento.

Desde el punto de vista teórico, la visión del PNUD tiene puntos en común con la era de las redes (CASTELLS, 1997, 1998), en la que el conocimiento es el principal generador de crecimiento económico y desarrollo, bajo la dinámica de la globalización. La teoría de la Sociedad de la Información con su lógica de redes, explicada por el sociólogo Manuel Castells, abre la puerta a nuevas oportunidades para erradicar la pobreza en unas dinámicas de creación de valor social que se sintetizan así: el progreso tecnológico promueve el desarrollo económico, que mejora los recursos disponibles al servicio de las capacidades humanas.

Si bien las expectativas que la teoría de la Sociedad de la Información abre para los países en desarrollo han sido cuestionadas (ALBORNOZ, 2001), sí es cierto que la dinámica de las redes que gobierna la creación de conocimiento tiene sus efectos sobre el planteamiento de las actividades de desarrollo. Por un lado, bajo esta dinámica de difusión de innovaciones por medio de redes, la difusión de conocimientos se ha acelerado de manera espectacular, ampliando las posibilidades de acción para favorecer el desarrollo humano (PNUD, 2001). Por otro lado, el abaratamiento de los costes de comunicación que ha abierto la puerta, entre otros factores, a la globalización y el desarrollo económico de las últimas décadas es también una oportunidad para promover formas de colaboración más horizontales y participativas. Esto tiene un efecto directo en los métodos de actuación de la cooperación al desarrollo. Y también, la escala de la práctica del desarrollo es global: las organizaciones, localizadas en escalas de intervención desiguales, pueden coordinar sus intereses en iniciativas comunes, atendiendo las necesidades diferentes provenientes de su propio entorno para consolidar reivindicaciones a nivel global.



## b) Críticas al modelo

No obstante, muchas son las críticas que se han alzado frente a este modelo. Se critica que la visión del PNUD es de nuevo tecno centrista, como un retroceso al determinismo tecnológico del siglo XIX.

Desde los movimientos ecologistas se critica al informe del PNUD del 2001 como un abanderado de las nuevas tecnologías, en las que Naciones Unidas se convierte en un “vendedor de biotecnologías”, en lugar de rescatar los saberes tradicionales, las semillas criollas, etc. (ver por ejemplo Shiva, 2009).

Por otro lado, en el doble círculo virtuoso (ver figura 1) no queda claro qué significa “cambio tecnológico” para el PNUD. Se supone que es una especie de caja negra donde el conocimiento, la creatividad y los recursos económicos se transforman en ganancias productivas y avances en la medicina, comunicaciones, agricultura, etc. para todas las personas. Las críticas en este sentido apuntan a que realmente no se están produciendo procesos de generación y difusión del conocimiento en las zonas empobrecidas, sino que estos se benefician en última instancia de avances tecnológicos producidos en los países enriquecidos. De esta manera la brecha tecnológica se mantiene y la dependencia se incrementa. Leach y Scoones (2006) indican que debería ser la ciencia la que se adaptase a los contextos locales, donde la tecnología es parte de un proceso de desarrollo participativo y de abajo arriba, donde los ciudadanos jugarían un papel fundamental.

Además, la definición del PNUD es poco precisa en la definición del rol de los beneficiarios. De hecho, no llega a concretar la TDH como un proceso (esto sí se da en la TS), sino que se deja llevar por las expectativas que abre la nueva Era de Redes de la Sociedad de la Información, o el espejismo de los espectaculares avances tecnológicos de las últimas dos décadas.

## c) Potencialidades de las Tecnologías para el Desarrollo Humano

Independientemente de las críticas anteriormente citadas, que se focalizan en el informe del PNUD del 2001, las TDH tienen, según nuestra visión, un gran potencial.

El enfoque de TDH se centra en el Desarrollo Humano, es decir, el fin último de las intervenciones tecnológicas debe ser el de expandir las oportunidades y libertades de las personas para llevar la vida que desearían llevar a cabo si pudieran (ALKIRE Y DENEULIN, 2009), dentro de los principios básicos de desarrollo humano sostenible (UL HAQ, 1995): equidad, diversidad, empoderamiento y sostenibilidad.

Por ello, las tecnologías bajo este enfoque deben sumar las ventajas de los enfoques anteriores: la apropiabilidad de las TA; la participación y la generación de conocimiento local de las TS, por poner un par de ejemplos. Además, las TDH se centran en remover los obstáculos que oprimen a las personas, y por ello se centran en el empoderamiento y la agencia de las personas que participan en los proyectos.

Será relevante, por tanto, la definición de estrategias y políticas relacionadas con el desarrollo y la tecnología de un modo participativo, así como la relación entre derechos humanos



y progreso tecnológico. La generación de conocimiento exclusivo de tecnologías para la mejora del DH, y la promoción de su transferencia, entre Norte y Sur o entre Sur y Sur. Aquí se vuelve a defender el constructivismo como herramienta para huir de la aplicación de la tecnología sin compromiso ético; la adopción de programas educativos basados en valores, como la Educación para el Desarrollo, en el ámbito científico-técnico; o el impulso de la sensibilización entorno al papel de la tecnología tanto en situaciones de desigualdad y de explotación como de igualdad y justicia.

La importancia del conocimiento en el contexto de la tecnología permite reorientar los procesos de transferencia para adecuarlos al marco de difusión y generación de éste. Uniendo a esto el pilar fundamental que es la participación de comunidades beneficiarias (herencia de la Tecnología Apropriada), o la localidad de las condiciones que obligan a adaptar las soluciones tecnológicas, en el desarrollo será necesario superar el enfoque de “aprender”(SENGE, 1994) para pasar al de “generar conocimiento adaptado al contexto cambiante”(NONAKA Y TAKEUCHI, 1995). La transferencia de tecnología aquí es un proceso de acompañamiento que lleva a la co-creación. No hay, como no había en la Tecnología Social ni la Tecnología Apropriada, soluciones estándar que sirvan en todos los contextos.

En este proceso “se investiga una realidad dinámica y socialmente construida para comprenderla y transformarla” (DE SOUZA Y CHEAZ, 2000). De este modo, la participación de los beneficiarios en el diseño de soluciones aporta un valor añadido hacia el éxito final. Además, a nivel colectivo, la participación es necesaria para que afloren todos los puntos de vista en el proceso de selección de los objetivos a perseguir.

**Cuadro 3. Ejemplo de TDH: Programa “Village Phone” en Bangladesh. Extraído de Aguinaga (2004)**

Bangladesh, en el año 1997, era uno de los países que presentaba peores indicadores en el ámbito de las telecomunicaciones, con bajos índices de penetración de las tecnologías de la información (TIC) y altas tasas de error en las llamadas cursadas. Los elevados precios, además, impedían que gran parte de la población utilizase esta tecnología, especialmente en las áreas rurales.

Grameen Bank, el banco de los microcréditos de Muhammad Yunus, lanzó un programa para la mejora de las infraestructuras de acceso a las TIC en áreas rurales, basado en el enfoque de pequeñas empresas ya experimentado con tanto éxito en sus programas de microcréditos. El programa intenta fomentar además la incorporación de las mujeres en las actividades económicas locales, por lo que el 75% de las operadoras rurales serán mujeres.

Con esta estrategia, buscaba facilitar el acceso a las TIC a las personas más pobres de las áreas rurales, a la vez que creaba una fuente de ingresos estable mediante las pequeñas empresas de acceso telefónico.



En la práctica, el programa pone al servicio de la propietaria del negocio un módulo básico comunitario por 310 dólares, que comprende un terminal telefónico, batería, cargador, lista de precios, y todo lo necesario para utilizar el aparato. Aunque el coste del equipo es muy elevado para una sola persona, las tarifas de las llamadas son muy asequibles para los miembros de la comunidad rural. El coste inicial del equipo se financiará mediante un crédito que debe ser reembolsado en pequeñas cuotas semanales al banco Grameen. Así y todo, las ganancias pueden ser de 50 dólares al mes.

Tras varios años de programa, se han instalado más de 58.000 teléfonos comunitarios en 33.000 aldeas, que antes quedaban fuera de la cobertura de la red telefónica fija.

Vemos cómo esta tecnología busca alcanzar varios objetivos: poner al servicio de los más pobres los beneficios de una tecnología que no es asequible por su nivel de ingresos; crear una fuente de ingresos estable para una mujer, que suele ser además el centro de una unidad familiar, multiplicando así el impacto entre varias personas; mejorar la situación de la mujer en las zonas rurales, al convertirlas en líderes de negocios que, a causa de los roles de género predominantes, de otro modo no tendrían suficientes ingresos para constituir; mediante la discriminación positiva hacia la mujer, se permite que ésta también se beneficie del uso de esta tecnología, pues en ocasiones éste sólo se extiende de hecho entre los hombres, reforzando los roles de género establecidos.

Evidentemente, la TDH se asienta sobre la negación de la autonomía de la tecnología. Primero, porque afirma la capacidad de los usuarios de transformarla. Segundo, de manera normativa, porque la autonomía de la tecnología desempodera (Ellul, 1990), limitando la libertad de los usuarios finales, lo opuesto al objetivo del Desarrollo Humano.

#### d) Conclusiones

Hemos abordado la Tecnología para el Desarrollo Humano (TDH) como la más reciente de las visiones tecnológicas que se han suscitado desde el entorno de la cooperación al desarrollo y la ayuda oficial. La relevancia del concepto estriba en ser una propuesta que recoge, de manera incipiente, el enfoque de Desarrollo Humano de Sen, que es ya un estándar en el sector.

Por otro lado, esta visión tecnológica no dista mucho de las otras dos abordadas, pues comparte los postulados de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Si bien sus supuestos son similares, la diferencia está en intentar aplicar de manera normativa el concepto de DH. En esto supera a la TS, que no llega a dar razón última a la participación de los usuarios finales en el proceso de desarrollo tecnológico: queda así como una reacción ideológica al neoliberalismo y a la neutralidad tecnológica falaz del positivismo. En el caso de la TDH, la agencia y el empoderamiento, piezas claves en el concepto de DH de



Sen para alcanzar la libertad, imponen la participación de los beneficiarios para garantizar el proceso de desarrollo.<sup>2</sup>

Esto no ha sido obstáculo para que se hayan dado visiones de la TDH más centradas en actuaciones a gran escala, que olvidan la participación última de las comunidades, especialmente desde grandes organismos de ayuda al desarrollo.

La TDH, igual que el concepto mismo de DH, pretende ser un concepto abierto que englobe distintas escalas de intervención, y distintos tipos de relaciones entre actores: supera en esto a la TA que olvidaba, como ya vimos, algunos sectores de pobreza de las grandes ciudades, o que se centraba sólo en soluciones productivas.

Cabe señalar, finalmente, que la TDH, enmarcada en el ámbito de la cooperación al desarrollo y las relaciones transfronterizas que le son propias, aborda las problemáticas y las soluciones del desarrollo desde un marco global, lo que las habilita para albergar iniciativas transformadoras tanto en el Sur, por medio de su acción, como en el Norte, por medio de la sensibilización o el espacio que deja a la Educación para el Desarrollo.

### **3. REFLEXIÓN Y CONCLUSIONES**

En este capítulo hemos querido recorrer las aportaciones de la tecnología al servicio del desarrollo humano. Quizá debamos señalar finalmente que es la propia práctica tecnológica la que más ha se ha enriquecido adentrándose en este terreno: su campo de acción se ha ampliado, su concepción se ha visto modificada y, probablemente, ya no es única.

Los debates sobre la filosofía del conocimiento científico, unidos a los movimientos sociales contraculturales de finales del siglo XX, han catalizado la proliferación de visiones diferentes de la tecnología, su rol en la sociedad, y sus límites de actuación. Han unido inextricablemente el devenir de los problemas de la humanidad a la evolución de las concepciones de la tecnología, impactando en todo su espectro conceptual: de lo más práctico, mediante lecciones aprendidas y recomendaciones, a lo más abstracto, en la frontera con la epistemología, en la naturaleza del propio conocimiento tecnológico.

El caso de las infraestructuras, que en este cuaderno se analizan en su parte más práctica, presentan un desafío particular a las conceptualizaciones de la tecnología que hemos visto: se caracterizan por la economía de escala, que permite a muchos usuarios compartir los beneficios de una inversión abordada a nivel comunitario o estatal, mediante el establecimiento de unos márgenes para la participación de todas las instituciones implicadas: gobierno, empresas de abastecimiento, usuarios, etc. Para la buena consecución de los resultados previstos, todos estos actores deben conocer su rol y desempeñarlo eficazmente: serán necesarios, por ejemplo, el mantenimiento de infraestructuras, la transparencia en la gestión, la búsqueda de la eficiencia financiera.

Además, la interacción de múltiples actores en la práctica de las infraestructuras dimensiona el concepto de tecnología hacia su vertiente más social: los marcos de referencia

---

<sup>2</sup> Para profundizar en una reflexión sobre la agencia y el empoderamiento en las Tecnologías para el Desarrollo Humano, ver Fernández-Baldor y otros (2009).



para medir la calidad de la misma deben ampliarse para dar cabida a todas las interacciones entre los actores, a sus deseos, aspiraciones de poder, y a sus derechos. Así es la práctica tecnológica que busca el éxito al servicio del desarrollo humano. De no ser así, corre el riesgo de no alcanzar sus objetivos, “no funcionar”.

En los capítulos que siguen se exponen diversos casos prácticos de estudio de la acción de las infraestructuras en el contexto del desarrollo. Todos son casos reales que plantean interrogantes sobre la eficacia, la eficiencia o la sostenibilidad en el tiempo de las soluciones adoptadas. Hemos querido anteponer a los casos una exposición de visiones de la tecnología más amplias que las que solemos manejar en el mundo desarrollado, con el fin de dotar de mejores elementos para su comprensión. No es tarea nuestra adelantar conclusiones.

Finalmente, si este capítulo ha parecido un ir y venir histórico de visiones y conceptos, sin ninguna conclusión definitiva, sólo encontramos explicación recurriendo a la “urgencia del ahora”, en palabras de Martin Luther King:

*“We are now faced with the face that tomorrow is today. We are confronted with the fierce urgency of now. In this unfolding conundrum of life and history there is such a thing as being too late.”*

El subdesarrollo y la pobreza que vive parte de la humanidad nos impulsan a una búsqueda incesante e inagotable de nuevas visiones, nuevas conceptualizaciones de la acción, para intentar aportar un grano de arena a la solución de estas problemáticas que son complejas y globales. Mientras éstas no sean erradicadas, no cesará la urgencia intelectual de concebir nuevos enfoques, nuevas visiones para, algún día, ponerles fin.

#### 4. REFERENCIAS

- AGUINAGA, J. (2004) Telefonía móvil al servicio de los más pobres: La experiencia del Grameen Phone en Bangladesh, Cuadernos de Tecnología para el Desarrollo Humano, nº2, 2004. Edita: Ingeniería Sin Fronteras.
- ALBORNOZ, M. (2001) Política Científica y Tecnológica, Una visión desde América Latina. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, n1 OEI.
- ALKIRE, S.; DENEULIN, S. (2009). A normative framework for development. En: Deneulin, S.; Shahani, L. (eds.) (2009). An introduction to the human development and capability approach. Freedom and agency. Earthscan/IRDC.
- BANCO MUNDIAL (2004). Informe sobre el desarrollo mundial 2004: Hacer que los servicios funcionen para los pobres. Mundiprensa Ed. Madrid.
- CARSON, R. (1962) La primavera silenciosa. /Editorial Crítica S.L. Barcelona (2005).
- CASTELLS, M. (1997). La era de la información. Vol.1. La sociedad en red. Madrid: Alianza Editorial.
- CASTELLS, M. (1998). La era de la información. Vol.2. El poder de la identidad. Madrid: Alianza Editorial.



- DAGNINO, R. (1976) Tecnología apropiada: uma alternativa? Tesina de máster. Universidade de Brasília.
- DAGNINO, R. (2002) A relação pesquisa-produção: em busca de um enfoque alternativo. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología e Innovación, Madrid: OEI.
- DAGNINO, R. (2007) Ciencia y tecnología. Conferencia del Dr. Renato Dagnino organizada por el IEC-CONADU y el gremio ADULP, La Plata, 11 de junio de 2007.
- DE SOUZA, J., CHEAZ, J. (2000) Generación de conocimiento y construcción de teoría en proyectos de desarrollo de capacidad institucional: la propuesta del Proyecto INSAR Nuevo Paradigma en el contexto de cambio de época, San José, Costa Rica. Servicio Internacional para Investigación Agrícola Nacional
- ELLUL, J. (1990). The Technological Bluff. Grand Rapids, MI: Eerdmans
- FERNÁNDEZ-BALDOR, A., HUESO, A. BONI, A. (2009) Technologies for Freedom: collective agency-oriented technology for development processes. Paper presented at the Annual Conference of the Human Development and Capability Association at the Pontifical Catholic University of Peru, Lima, 10-12 september 2009.
- INTERNATIONAL RESEARCH CENTER FOR DEVELOPMENT (IRDC) (2010)  
Sitio web: <http://www.irdc.ca> [Acceso en octubre 2010]
- LEACH, M.; SCOONES I. (2006) The slow race. Making technology work for the poor. London: Demos.
- MOÑUX, D. (1999). Tecnología para el Desarrollo: Hacia una comprensión de las relaciones entre tecnología, sociedad y desarrollo, Organización de Estados Iberoamericanos, Sala de lectura CTS+I
- MOTTA, R. (1996). Epistemología de la Tecnología: una aproximación a la definición de tecnología y a las nociones de tecnologías adecuadas y/o apropiadas. Buenos Aires, Universidad del Salvador, Vicerrectorado de Investigación
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. (1995) The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation. New York, Oxford University Press
- NOVAES, R. T.; DIAS, R. (2009) Contribuições ao Marco Analítico-Conceitual da Tecnologia Social, en Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade. Dagnino, R.; colaboradores Bagattolli, Carolina et al. Campinas, SP IG/UNICAMP
- PASSONI, I.; ALVES, F.; RILLO, M. (2004). Caderno de debate Tecnologia Social no Brasil, Edita Instituto de Tecnologia Social.
- PÉREZ-FOGUET, A. P; OLITE-JOSA S.; SAZ-CARRANZA, A. (2005a) Development education and engineering. A framework for incorporating reality of development countries into engineering studies. International Journal of Sustainability in Higher Education. Vol.6, N°3. Pp 278-303.



- PÉREZ-FOGUET, A.; MORALES, M; SAZ-CARRANZA, A. (2005) Introducción a la cooperación al desarrollo para las ingenierías: Una propuesta para el estudio. Barcelona, Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (2001) Informe sobre Desarrollo Humano, Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano. New York, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Madrid, Mundiprensa.
- SCHUMACHER, E.F. (1973) Lo pequeño es hermoso, Madrid: Tursen/Hermann Blume (1990).
- SEN, A. (1999) Development as freedom. New York: Oxford University Press.
- SENGE, P. (1994) The fifth discipline, the age and practice of learning organization, Century.
- SHIVA, V. (2009) The seed and the spinning wheel: The UNDP as biotech salesman. [fecha de consulta: septiembre 2009].  
Disponible en: <http://www.poptel.org.uk/panap/latest/seedwheel.htm>.
- UL HAQ, M. (1995) Reflections on Human Development. New York: Oxford University Press.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD) (2008) Aprovechar los conocimientos y la tecnología para el desarrollo. Mesa temática 5. Ghana. TD/L.412.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO) (2003) Engineering for a better world: international cooperation and the challenges for engineering education. Paper presented at the Joint 6th WFEO World Congress on Engineering Education and at the International Colloquium on Engineering Education: "Global Challenges in Engineering Education", Nashville, TN.







## CASOS PRÁCTICOS

Después del capítulo teórico introductorio se analizan cinco casos prácticos que han formado parte de Proyectos Fin de Carrera de alumnos y trabajos de profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ( ETSICCyP) de la Universidad Politécnica de Valencia. Los trabajos corresponden a temáticas diversas como son el agua y el saneamiento, las infraestructuras, los materiales y el desarrollo urbano. Todos ellos han sido realizados con la voluntad de aprender y de realizar un buen trabajo técnico y académico y compromiso hacia las personas destinatarias de los mismos.

El primero está basado en el Proyecto Final de Carrera “Development of Guidelines for Rehabilitation of Small Water Supply Systems: a case study of Ressano Garcia, Mozambique” de la alumna Ada González Albert, tutorizado por el Dr. Richard Carter de la Cranfield University, el Dr. Antonio José Torres Martínez y el Dr. José María Monzó Balbuena de la Universidad Politécnica de Valencia. En el mismo se realiza un estudio de una red de abastecimiento de agua en una población de Mozambique, Ressano García.

El segundo trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Infraestructuras de transporte en el medio rural de Condega (Nicaragua) para la sostenibilidad del desarrollo territorial”, del alumno Manuel Gómez de la Membrillera Ortuño, de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, tutorizado por el Dr. Antonio Serrano Rodríguez y el Dr. Ignacio Payá Zaforteza. El proyecto surgió a raíz de constatar carencias en las infraestructuras existentes en el Municipio y a través de la colaboración de la Asociación Rubén Darío.

El tercer trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Estudio del abastecimiento de agua potable en el marco del proyecto de mejora integral del hábitat del asentamiento irregular Molino Blanco, (Rosario, Argentina)” del alumno Sergio Belda Miquel, de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, tutorizado por el Dr. Antonio Torres Martínez y el Dr. José Monzó Balbuena. El proyecto se realizó en el marco del Programa Rosario Hábitat de la Municipalidad, con el apoyo de la Universidad Nacional de Rosario.

El cuarto: “Proyecto de apoyo a la conservación periódica de carreteras en la República de Benin” elaborado por el Dr. Antonio José Torres Martínez aborda un proyecto de conservación periódica de carreteras en la República del Benin. Se trata de obras en las carreteras Bohicon-Dassa-Savé-Parakou, Dassa-Savalou y Porto Novo-Igolo. Este proyecto de cooperación fue aprobado y ejecutado por el 8 ° FED (Fondo Europeo de Desarrollo de la Comisión Europea) en el año 2000.

El quinto trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Diseño de tejas prefabricadas de bajo coste de que incorporan residuos industriales de carácter puzolánico para uso en países en vías de desarrollo. Aplicación al caso de Cali (Colombia)” de la alumna Rosana Méndez Mutschler, de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, tutorizado por el Dr. José María Monzó Balbuena y la Dra. María Victoria Borrachero Rosado. Este trabajo se engloba en un marco de investigación para la cooperación que realiza el Instituto de Ciencia y Tecnología



del Hormigón (ICITECH), de la Universidad Politécnica de Valencia, junto con el Grupo de Investigación en materiales compuestos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle en Cali, Colombia.

Esperamos que todos ellos sean de interés y utilidad para alumnos y profesores de la ETSICCyP que quieran orientar su trabajo hacia el desarrollo y la cooperación internacional.



## CASO PRÁCTICO 1.

# EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE RESSANO GARCÍA, MOZAMBIQUE

ADA GÓNZALEZ ALBERT

*Este trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Development of Guidelines for Rehabilitation of Small Water Supply Systems: a case study of Ressano Garcia, Mozambique” de la alumna Ada González Albert, de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, tutorizado por el Dr. Richard Carter de la Cranfield University, el Dr. Antonio José Torres Martínez y el Dr. José María Monzó Balbueva, presentado en Septiembre de 2006 en la ETSICCP de la Universidad Politécnica de Valencia.*

### 1.1. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA

Muchos sistemas de abastecimiento de agua en países en desarrollo funcionan de forma defectuosa o están completamente fuera de uso (SACH, 2004), siendo necesaria en muchos casos la rehabilitación de los mismos antes de lo esperado. La principal causa que lleva a estos servicios a ser inoperativos a largo plazo es su mal funcionamiento y escaso mantenimiento. Sin embargo, los estudios, organizaciones y asistencias técnicas se han centrado típicamente en la expansión y el incremento de los niveles de servicios, en lugar de rehabilitar los ya existentes. La presión para proveer servicios a un mayor número de personas es particularmente intensa en el sector de abastecimiento de agua. Como consecuencia de esto, la construcción de nuevas infraestructuras recibe una mayor prioridad en términos de presupuesto y personal que la operación y mantenimiento de las ya existentes, lo que conlleva su consecuente deterioro (BANCO MUNDIAL, 2004).

Aunque algunos proyectos han empezado a centrarse más seriamente en aspectos como desarrollo institucional, rehabilitación de infraestructuras, mejora de las estructuras organizativas, procedimientos operativos y cualificación del personal (FORO MUNDIAL DEL AGUA, 2006), todavía existe la necesidad de una mayor conciencia sobre la conveniencia de rehabilitar, reemplazar y reparar sistemas de abastecimiento de agua. De acuerdo con las directrices de la Comisión Europea para la gestión sostenible de los recursos hídricos (Comisión Europea, 1998), el uso óptimo de los sistemas existentes debería ser preferente a la extensión de nuevos sistemas.

En este caso analizaremos el sistema de abastecimiento de agua del poblado mozambiqueño de Ressano Garcia. El sistema fue rehabilitado en 2003 y, por tanto, es un buen ejemplo para analizar las buenas y malas prácticas a la hora de rehabilitar pequeños sistemas de suministro de agua.



## I.2. CONTEXTO

### I.2.1. MOZAMBIQUE

Mozambique, situado al sudeste de África en la costa del Océano Índico, se localiza en la mayor planicie costera del continente y se extiende a través de las cuencas bajas de nueve ríos, entre ellos el Limpopo y el Zambezi, que drenan vastas zonas de África sudoriental antes de atravesar el país en su viaje hacia el océano.



La población activa está estimada en 8.8 millones personas, de los cuales el 80% trabajan en el sector de la agricultura, sobre todo en zonas rurales con niveles muy bajos de producción. La mayor fortaleza de Mozambique reside en el sector de la energía y más recientemente en un turismo potencialmente fuerte debido a sus largas costas soleadas (UN GLOBAL COMPACT, 2007).

Mozambique se declaró independiente de Portugal en 1975, tras una guerra de independencia de más de diez años. Sin embargo, la guerra continuó en forma de guerra civil hasta 1992. La guerra dejó el país en estado de auténtica ruina, carreteras y ferrocarriles destruidos, hospitales y escuelas abandonados y desabastecidos, sin estructuras de producción ni comercialización, miles de exiliados y desplazados, generaciones enteras sin acceso a formación, y las heridas sociales de un conflicto interno que afectó prácticamente al cien por cien de las familias (Ingeniería Sin Fronteras, 2008).

### I.2.2. INDICADORES GENERALES

La siguiente tabla compara los datos que aporta sobre Mozambique el Informe de Desarrollo Humano del PNUD de 2007 con los de España con el fin de facilitar su interpretación (WATKINS *et al.*, 2007).



| Mozambique y España en cifras                          | Mozambique | España  |
|--------------------------------------------------------|------------|---------|
| Extensión (km <sup>2</sup> )                           | 799.380    | 504.645 |
| Población (millones de habitantes)                     | 20,5       | 43,4    |
| Población urbana (% del total)                         | 34,5%      | 76,7%   |
| Posición IDH (de 177)                                  | 172        | 13      |
| PIB per cápita (PPA en US\$)                           | 1.242      | 27.169  |
| Esperanza de vida al nacer (años)                      | 42,8       | 80,5    |
| Mortalidad infantil niños < 5a ( /1.000 nacidos vivos) | 196        | 5       |
| Médicos ( /100.000 hab.)                               | 3          | 330     |
| Población sin acceso sostenible a agua                 | 57%        | 0%      |
| Población con acceso a saneamiento sostenible          | 32%        | 100%    |
| Abonados a teléfono móvil (/ 1.000 hab.)               | 62         | 952     |
| Consumo de electricidad per cápita (Kwh.)              | 545        | 6.412   |

Las consecuencias de la guerra civil, sumado a las enfermedades infecciosas y el da causado periódicamente por cambios climáticos y meteorológicos extremos (las inundaciones del 2000, 2001 y 2007 arrasaron centros de salud y afectaron el acceso a agua potable, alimento y albergue en muchas partes del país), son los principales obstáculos a los que se enfrentan los más de 20 millones de habitantes de Mozambique, que en su mayoría viven en zonas rurales pobres.

En muchos sentidos, los avances son más lentos para las mujeres, porque su nivel inferior de alfabetización las hace presa fácil de la pobreza, siendo el porcentaje de hombres de 15 o más años de edad que pueden leer y escribir más del doble que el de mujeres. La alfabetización femenina en el 2005 ascendía al 25%, mientras que entre los hombres era del 54.8% y, en 1990 las cifras eran 18% y 40% respectivamente, según el informe de UNICEF sobre el Estado Mundial de la Infancia en 2003 (COLLYMORE, 2006).

Además, el impacto del VIH/SIDA representa una amenaza muy seria para la población mozambiqueña. Esta enfermedad está afectando negativamente el desarrollo de Mozambique exacerbando problemas de pobreza, malnutrición, niveles bajos de escolarización y alto fracaso escolar. De hecho, se estima que el VIH/SIDA en Mozambique podría reducir el Producto Interior Bruto entre un 0.3% y 1% al año (PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, 2007).

Estas penurias han retrasado el desarrollo del país, de forma que el Índice de Desarrollo Humano de 2007 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sitúa a Mozambique casi al final de la lista de los miembros de la ONU en logros de educación, nivel de vida y esperanza de vida al nacer. De las 175 naciones incluidas, sólo otras cinco (Malí, Níger, Guinea-Bissau, Burkina Faso y Sierra Leona) están en peores condiciones (WATKINS *et al.*, 2007.). Con estos datos, Mozambique está considerado uno de los países más pobres del mundo donde más de una tercera parte de su población vive con menos de US\$1 al día.

Con respecto al acceso de agua, la proporción de gente sin acceso sostenible a ella es del 43% siendo incluso peor en las zonas rurales donde sólo una cuarta parte de la población tiene acceso a agua potable y las condiciones de vida son aún muy precarias (*ibid.*).

El problema de agua en Mozambique queda muy bien reflejado en la editorial de la revista “Agua” escrita por el Ministro de Obras Públicas y Vivienda, donde se publicaba en 1987 la “Política Nacional de Agua” (REVISTA AGUA, 1997):

“El agua es un recurso precioso y factor importante de progreso para nuestro país. Se presenta frecuentemente en extremos: o hay muy poca o nos llega mucha de una sola vez. A veces tenemos sequía en el sur e inundaciones en el norte. ¡Muchas veces se le da importancia cuando ya no la hay!

Agua es salud y vida. El abastecimiento de agua y saneamiento de forma adecuada y segura son los componentes insustituibles para el bienestar de la población del campo y de la ciudad, aprovisionamiento indiscutible para muchas de nuestras mujeres, condicionante para la supervivencia de muchos de nuestros hijos.”

## Caso de estudio: Ressano Garcia

Ressano Garcia (Ressano) es un pequeño pueblo mozambiqueño de unos 10000 habitantes, situado en la frontera entre Mozambique y Sudáfrica y a 90 km. de Maputo, la capital del país. Ubicado entre los montes Libombos y en el desfiladero que recorre el río Incomati, éste resulta ser su mayor fuente de agua.

Los habitantes de Ressano viven en su mayoría del comercio formal e informal





favorecido por ser paso fronterizo hacia Sudáfrica. Apenas existe actividad agrícola o ganadera, siendo una zona de montaña y rocosa. La mayoría de los habitantes son mujeres, niños/as y jóvenes, pues un alto porcentaje de los hombres adultos pasan largas temporadas trabajando en la mina en Sudáfrica.

Un problema importante en Ressano es la llegada semanal del tren de repatriados mozambiqueños que entraron de forma ilegal en Sudáfrica. Muchos de ellos se quedan merodeando en las proximidades del pueblo a la espera de una nueva oportunidad y propician el incremento del comercio ilegal. En lo que al agua se refiere, esto también supone un problema añadido para estimar correctamente la demanda de agua real de la población.

### **I.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO**

#### **I.3.1. CLASIFICACIÓN**

La Política Nacional de Aguas aprobada en 1985 define los Pequeños Sistemas de Abastecimiento de Agua (PSSA) como todos los sistemas públicos de abastecimiento de agua no integrados en el conjunto de los trece sistemas de intervención estatal: ciudades de Maputo, Xai-Xai, Chókwe, Inhambane, Maxixe, Beira, Chimoio, Quelimane, Tete, Nampula, Nacala, Pemba y Lichinga.

A su vez, los PSSA se clasifican según su dimensión y complejidad o según la exigencia requerida para su operación y mantenimiento (MOPM, 2006):

| Nivel     | Descripción                                                                                                                                                    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nivel I   | Pozo, transporte, almacenamiento, distribución a través de fuentes y un número reducido de conexiones privadas en la casa/patio <50 conexiones                 |
| Nivel II  | Pozo, transporte, almacenamiento, distribución a través de fuentes y un número reducido de conexiones privadas en la casa/patio >50 y <50 conexiones           |
| Nivel III | Pozo, transporte, almacenamiento, distribución a través de fuentes y un número reducido de conexiones privadas en la casa/patio <150 o incluso >500 conexiones |

Según esta definición, el sistema de abastecimiento de agua de Ressano se clasifica como un PSSA Nivel III y las competencias de gestión del mismo quedan descentralizadas a nivel local.



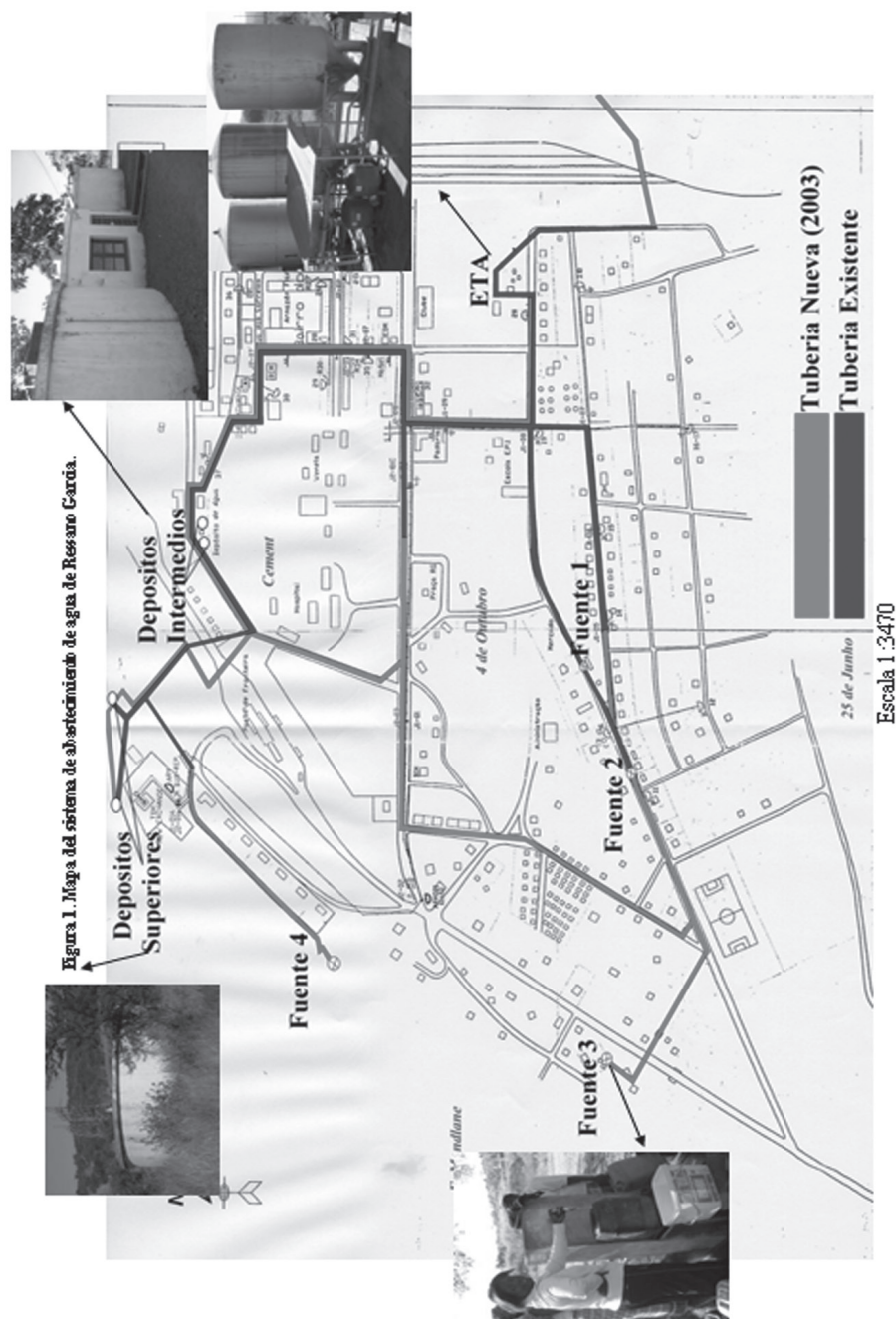
### 1.3.2. FUNCIONAMIENTO

La red de abastecimiento de Ressano fue construida por vez primera en 1967, pero la edad del sistema y los daños causados por las inundaciones de 2000 y 2001 llevaron a su rehabilitación a finales de 2003. El proyecto de rehabilitación fue inicialmente presupuestado en 1 millón de dólares, pero debido a la falta de fondos sólo fue posible la utilización de 400.000.

La figura 1 muestra el esquema del actual sistema de abastecimiento de agua de Ressano. Está compuesto por una red de agua a presión que bombea agua en una primera fase desde el río Incomati hasta la Estación de Tratamiento de Agua (ETA). Una vez el agua es tratada con cloro, es nuevamente bombeada hasta unos depósitos intermedios de almacenamiento y desde aquí vuelve a bombearse hasta los depósitos superiores. El agua se distribuye desde ambos depósitos, intermedios y superiores, por gravedad, mediante un sistema ramificado de tuberías.

El sistema cuenta con tres tipos diferentes de conexiones: conexión en la casa, conexión en el patio y fuentes públicas. Las dos primeras pueden ser englobadas como conexiones privadas.

Cada uno de los barrios existentes en Ressano (Ciment, 4 de Outubro, Eduardo Mondlane y 25 de Junho) recibe el suministro de agua de forma distinta: *Ciment* se suministra mediante conexiones privadas. Los barrios de *4 de Outubro* y *Eduardo Mondlane* cuentan con dos fuentes públicas cada uno, además de conexiones privadas; pero dada la escasez de agua, el suministro sólo ocurre en días alternos. El barrio *25 de Junho* carece en su gran mayoría de cualquier infraestructura de suministro de agua y sus gentes, en su mayoría mujeres y niñas, bajan al río diariamente para poder suplir así esta carencia.



## I.4. ANÁLISIS DEL SISTEMA

### I.4.1. COBERTURA

A pesar de los trabajos de rehabilitación realizados a finales de 2003, los problemas de disrupción y escasez de agua son continuos debido a insuficiencias tanto físicas como de gestión del sistema.

El sistema beneficia actualmente a unas 685 familias, lo que representa sólo el 50% de la población de Ressano (Tabla 1). Esto significa que la mitad de la población de Ressano carece de cualquier infraestructura de suministro de agua y, por tanto, tiene que buscar fuentes alternativas de agua. La gran mayoría recurre a la recolección directa de agua del río, con los riesgos para la salud que esto conlleva. El barrio 25 de Junho es el peor parado ya que el 95% de sus vecinos no cuenta con un acceso seguro a agua.

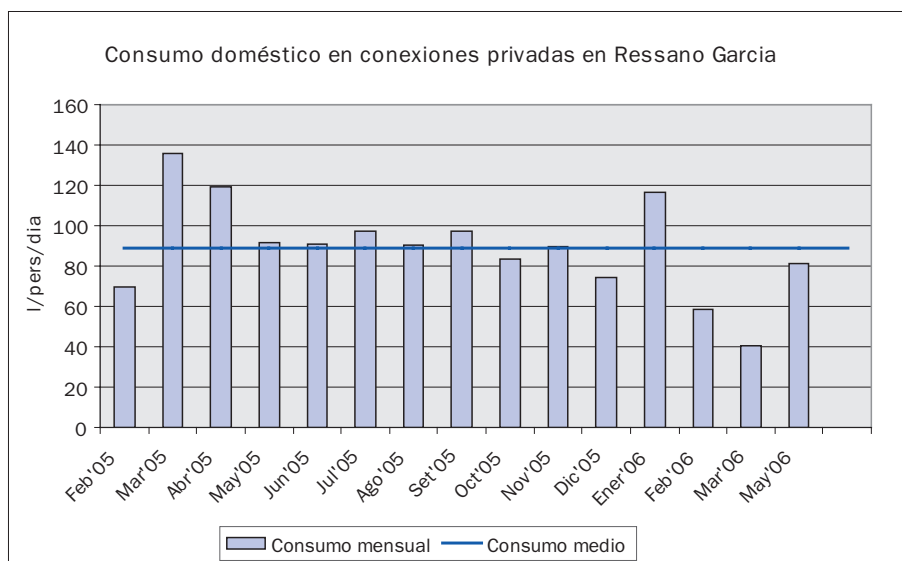
**Tabla 1. Características del sistema de abastecimiento de agua de Ressano distribuido por barrios y tipo de conexión.**

| Barrios      | Conexiones Privadas  |                         |                |                                                        | Fuentes Públicas |                                                         |                          |
|--------------|----------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|
|              | Número de conexiones |                         |                | Uso doméstico                                          | N° de fuentes    | Número de usuarios beneficiados (% del total población) | N° de personas por grifo |
|              | Uso doméstico        | Uso comercial y público | Uso Industrial | Número de usuarios beneficiados (% de población total) |                  |                                                         |                          |
| Ciment       | 124                  | 22                      | 3              | 663 (9%)                                               | 0                | 0                                                       | 0                        |
| 4 Outubro    | 227                  | 6                       | 1              | 1214 (16%)                                             | 2                | 342 (5%)                                                | 86                       |
| E. Mondlane  | 85                   | 1                       | 0              | 455 (6%)                                               | 2                | 877 (12%)                                               | 220                      |
| 25 Junho     | 21                   | 0                       | 0              | 112 (1%)                                               | 0                | 0                                                       | 0                        |
| <b>TOTAL</b> | <b>457</b>           | <b>29</b>               | <b>4</b>       | <b>2444 (32%)</b>                                      | <b>4</b>         | <b>1219 (17%)</b>                                       | <b>-</b>                 |

El gráfico 1 muestra la evolución por meses del consumo de agua para uso doméstico en las conexiones privadas. Según éste, el consumo medio de agua es de unos 89 l/persona/día, bastante por encima de los estándares de consumo de agua para países en desarrollo, que suele fijarse en torno a los 30-50 l/persona/día para proyectos de desarrollo (SMET Y VAN WIJK, 2002). Sorprende que los periodos de menor consumo correspondan a los meses de verano, seguramente justificable por el aumento en el número de averías durante este



periodo. En verano se dan mayores precipitaciones y la bomba de captación del río queda obstruida por ramas o piedras con mayor facilidad. El sistema se ha caracterizado por continuas disrupciones debidas tanto a la avería de la bomba de captación tras grandes avenidas que la obstruyen con arena y piedras, como a causa de cortes en el suministro eléctrico por fallos o por impagos.



**Gráfico 1. Evolución en el consumo doméstico en las conexiones privadas de Ressano Garcia.**

#### 1.4.2. DEMANDA DE AGUA

La demanda de agua ha sido siempre subestimada desde tiempos coloniales. Cuando el sistema fue construido en 1967 sólo la clase élite de los portugueses tenía acceso al agua. Tras la descolonización, todo el mundo empezó a reivindicar su derecho de acceso al agua, pero el sistema ya no satisfacía las necesidades de muchas de las personas.

Hoy en día, una serie de factores influyen también en la subestimación de esta demanda. Entre ellos, que el censo oficial de Ressano cifre en un 0.05% el ratio de crecimiento demográfico anual, cuando la media estimada para Mozambique de 2005 a 2015 es del 1.8%. Además, todos los residentes de Ressano coinciden en que, al menos, se construyen 20 casas nuevas cada año.

Por otro lado, la localización de Ressano, entre la frontera de Mozambique y Sudáfrica, propicia que los mozambiqueños que intentan cruzar ilegalmente la frontera sean devueltos posteriormente a Ressano de forma que muchos de ellos se quedan merodeando en las proximidades del pueblo a la espera de una nueva oportunidad. También, la presencia de la empresa Wenela en Ressano, encargada de la tramitación de los permisos de trabajo para los empleados en las minas de Sudáfrica, atrae a gran cantidad de gente.

### 1.4.3. AGUA NO CONTABILIZADA

La cantidad de agua facturada siempre será menor a la cantidad de agua suministrada. La diferencia es el agua no contabilizada y se debe a pérdidas físicas, es decir fugas en tuberías y depósitos, o bien a las llamadas pérdidas administrativas o comerciales: conexiones ilegales o facturación o recaudación ineficientes.

Como muestra el gráfico 2 uno de los mayores problemas del sistema es el alto índice de agua no contabilizada, cuya media puede estimarse en un 40% del agua total suministrada. Desgraciadamente, este porcentaje entra dentro de lo normal en países en desarrollo, donde el valor del agua no contabilizada puede llegar en casos extremos al 50 y 60% del total de agua producida (BATTESON *et al.*, 1998; HUEB, 1999; WEGELIN-SCHURINGA, 1999).

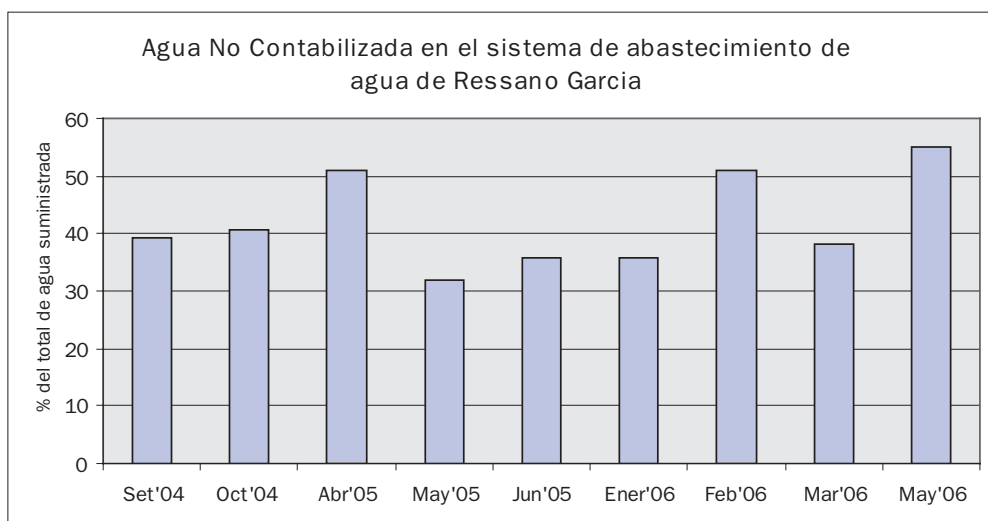


Gráfico 2. Agua No contabilizada en el sistema de abastecimiento de Ressano Garcia.

Las causas de esta agua no contabilizada son, por un lado, el gran número de fugas existentes en las tuberías y, por otro, pérdidas administrativas debidas a ineficiencias en la gestión del sistema. Las causas y factores que han propiciado el gran porcentaje de agua no contabilizada son en concreto:

- **edad del sistema:** en la rehabilitación llevada a cabo en 2003 sólo se cambiaron el 53% de las tuberías, por lo que prácticamente la mitad de las tuberías tienen casi 40 años de antigüedad.
- **tuberías descubiertas:** muchas de las tuberías quedan expuestas a daños físicos porque no se enterraron a profundidad suficiente en su día.



- **tuberías quemadas:** dada la falta de control y planeamiento urbanístico de Ressano el primer y prácticamente único paso a seguir para construir una casa en Ressano es quemar la hierba de alrededor. Con ello, a veces no sólo se quema la hierba o maleza, sino que, si existe alguna tubería descubierta por los alrededores, ésta también termina quemada, con las consecuentes pérdidas de agua que esto acarrea.
- **tuberías en suspensión:** en vista de las deficiencias del sistema y bajas presiones, algunas casas han realizado sus propias conexiones desde los depósitos pasando tuberías por sitios insospechados, quedando las mismas claramente expuestas a cualquier daño, especialmente provocado por el fuerte viento, bastante habitual en la zona (ver fotografía 1).
- **conexiones ilegales:** en muchos países en desarrollo el agua es concebida como un regalo divino y no entienden la idea de tener que pagar por ella. Además, dado que el sistema con contadores fue instalado hace apenas dos años, muchas personas aprovecharon la confusión de los primeros meses de funcionamiento para realizar sus propias conexiones sin contador. El problema de las conexiones ilegales es que son socialmente aceptadas y la gente no las denuncia debido, sobre todo, al desconocimiento de las graves consecuencias que pueden suponer. Consecuencias no sólo en términos de pérdidas físicas de agua y dinero, sino la subestimación social y legal del contrato o la sensación de falta de respeto hacia el gobierno local.



Fotografía 1. Tuberías en suspensión en el barrio 25 de Junho de Ressano



Como consecuencia de esto, el sistema sufre continuas interrupciones y cortes de agua causando muchos problemas de pérdida de presión y de contaminación del agua. Esto genera otro problema añadido: la pérdida de la oportunidad de ingresos que, si hubieran sido recaudados, podrían destinarse a sufragar los gastos recurrentes del sistema y construir nuevas infraestructuras (OMS, 2003).

Bajo todas las circunstancias descritas anteriormente, las autoridades locales necesitan invertir en la rehabilitación gradual de los sistemas de agua con especial dedicación a reparar fugas, válvulas, juntas y evitar conexiones ilegales de agua (SACH *et al.*, 2004).

#### 1.4.4 RECUPERACIÓN DE COSTES

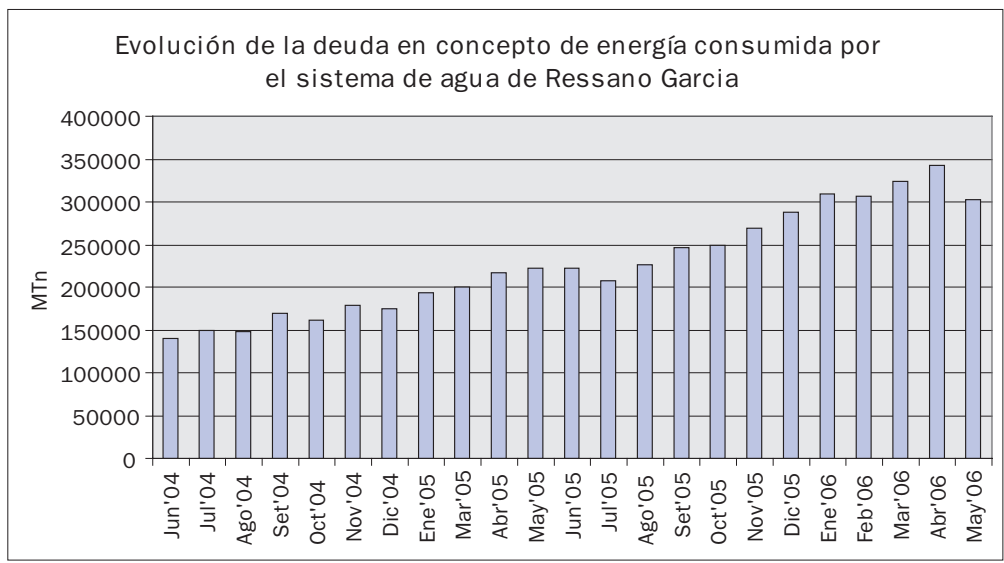
El sistema tarifario actual fue implantado en abril de 2004 y se basa en una tarifa escalonada progresiva con el mayor consumo de agua en el caso de las conexiones privadas, y una tarifa única para el consumo en las fuentes públicas. A partir de esta información y asumiendo que el ingreso medio mensual por familia en Ressano es de 1400 MTn/familia/mes<sup>3</sup>, esto implica que el gasto en agua por familia es aproximadamente del 2% para acceso a fuentes públicas y del 4% si se tiene conexión privada. Estos porcentajes entran en los estándares aceptados globalmente según los cuales una familia no debería de pagar más del 3% al 5% de sus ingresos por los servicios de agua y saneamiento (BRIKKÉ Y BREDERO, 2003; BRIKKÉ Y ROJAS, 2001). Sin embargo, hay que tomar los resultados con precaución ya que, en el caso de Ressano, el presupuesto destinado al saneamiento no está incluido en el porcentaje calculado.

La recuperación de los costes del sistema es muy deficiente ya que está altamente endeudado debido a que el dinero recaudado no cubre los gastos del sistema. En abril de 2006 se compró una nueva bomba para que funcionase en paralelo con la existente en la ETA pero a fecha de julio de 2006 todavía estaba endeudada. Los suministradores han amenazado reiteradas veces con retirarla si no se paga pronto y no hay fondos suficientes para ello.

La mayor deuda, sin embargo, proviene del impago de las facturas en concepto de energía consumida en la ETA y en las bombas. No es raro que el sistema deje de funcionar debido a cortes en la electricidad. El gráfico 3 muestra cómo la deuda en concepto de energía no ha dejado de crecer en los últimos tiempos, lo que deja muy poca esperanza para la recuperación económica del sistema. Además, el personal a cargo del sistema de agua sufre retrasos de varios meses en el cobro por su trabajo. Por otro lado, muchos usuarios son reticentes a pagar no sólo por la falta de ingresos, sino también por considerar que el servicio recibido no es lo suficientemente bueno como para pagar por él. De media, sólo se recauda el 67% del total de agua consumida. La tabla 2 muestra la deuda acumulada hasta mayo de 2006.

---

<sup>3</sup> El cambio de moneda es tal que 1 euro=33 Meticaís, esto es 1€ = 33 MTn



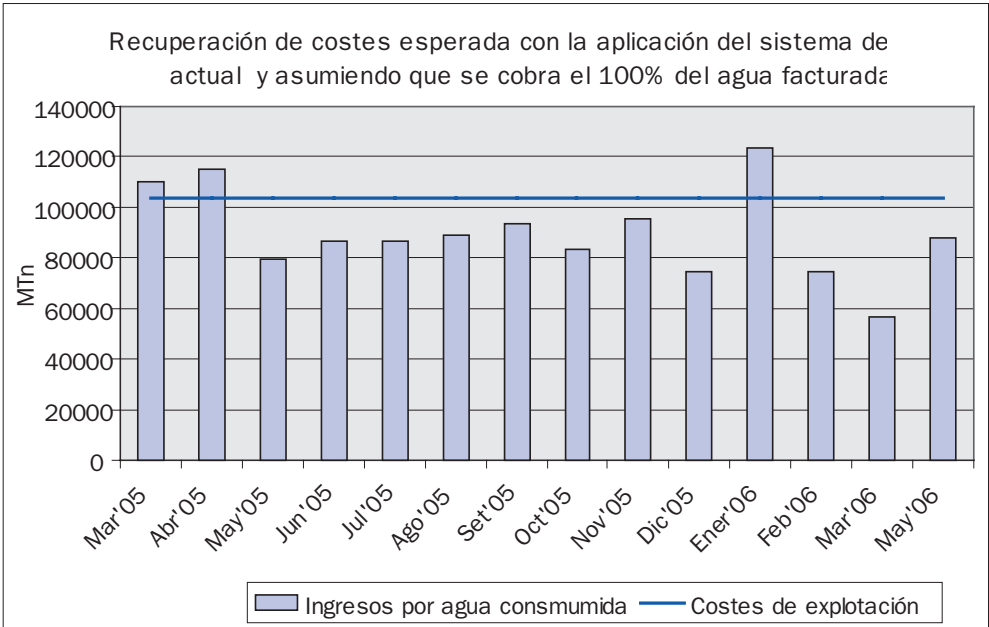
**Gráfico 3. Evolución de la deuda en concepto de energía consumida en la Estación de Tratamiento de Agua y en las bombas del sistema de abastecimiento de agua de Ressano García.**

**Tabla 2. Cantidad de dinero endeudado hasta Mayo de 2006, en el sistema de abastecimiento de agua de Ressano.**

| Cantidad endeudada hasta Mayo 2006 |           |          |
|------------------------------------|-----------|----------|
| Concepto                           | MTn       | €        |
| Salarios de trabajadores           | 36093.45  | 1093.74  |
| Bomba (Abril 2006)                 | 120000.00 | 3636.36  |
| Electricidad                       | 302095.44 | 9154.41  |
| Impago de facturas de agua         | 83849.30  | 2540.89  |
| TOTAL                              | 542038.20 | 16425.40 |



Para poder hacer un análisis más exhaustivo de la recuperación de costes del sistema, es necesario estimar los costes de explotación del mismo. Aunque el gasto en los salarios, productos de tratamiento de agua y consumo eléctrico se ha tenido en cuenta, faltan sin embargo otros gastos no disponibles que también deben incluirse en los costes de explotación: gastos para pequeñas reparaciones, protección de la toma de agua, depreciación y/o amortización. Una vez estimado el coste de explotación se puede comparar con los ingresos generados y concluir si el sistema es económicamente viable.



**Gráfico 4. Recuperación de costes esperada en el sistema de abastecimiento de agua de Ressano con la aplicación del sistema actual de tarifas y asumiendo que se cobra el 100% del agua facturada.**



**Tabla 3. Análisis económico de la recuperación de costes desde Marzo de 2005 a Mayo de 2006 dependiendo del hipotético porcentaje de facturas cobradas del total del agua facturada.**

|                                                                                                   | % de facturas cobradas por consumo de agua |         |         |         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Marzo 2005 – Mayo 2006                                                                            | 100%                                       | 90%     | 80%     | 70%     | 60%     |
| Gastos de explotación (MTn)                                                                       | 1449311                                    | 1449311 | 1449311 | 1449311 | 1449311 |
| Ingresos por consumo de agua (MTn)                                                                | 1256412                                    | 1130771 | 1005130 | 879489  | 753847  |
| Balance MTn (Ingresos-Gastos)                                                                     | -192899                                    | -318540 | -444181 | -569822 | -695464 |
| % de gastos de explotación cubiertos actualmente                                                  | 87                                         | 78      | 69      | 61      | 52      |
| Incremento necesario en las tarifas para cubrir 100% de los costes de explotación                 | 15                                         | 28      | 44      | 65      | 92      |
| % del presupuesto medio familiar destinado a pagar consumo en las fuentes                         | 2.06                                       | 2.29    | 2.57    | 2.94    | 3.43    |
| % del presupuesto medio familiar destinado a pagar el consumo mínimo de agua con conexión privada | 5.04                                       | 5.6     | 6.3     | 7.2     | 8.4     |

Analizando los resultados obtenidos en el gráfico 4 y la tabla 3 se puede concluir que, con la política actual de recuperación de gastos de Ressano, incluso aunque se cobrara el 100% del agua facturada, el sistema no es financieramente autosuficiente. Todo esto, sin tener en cuenta que en Ressano el porcentaje de agua cobrada se ha estimado en un 67% del total del agua facturada y no de del 100% como se ha asumido. Según esto, sería necesario aumentar en casi el doble las tarifas para que el sistema cubriese los gastos de explotación. Este aumento supondría que una familia media en Ressano tendría que dedicar aproximadamente el 3% de sus ingresos mensuales para pagar acceso a agua en las fuentes públicas y un 7.5% para una conexión privada. Sin embargo, como ya se ha explicado anteriormente, no debería destinarse más del 5% del presupuesto familiar a servicios de agua y saneamiento combinados. Esto sugiere que una familia media no podría permitirse pagar estos aumentos si tuviera conexión privada.

#### 1.4.5 GESTIÓN

Dado que Ressano es uno de los considerados Pequeños Sistemas de Abastecimiento de Agua, la gestión del sistema debe hacerse a nivel local. Sin embargo, según el ingeniero a cargo del Gabinete de Planeamiento y control de la Dirección Nacional de Aguas (DNA), la mayoría de estos sistemas carece de personal suficientemente cualificado y muchas de las medidas o decisiones a tomar son adoptadas de otros sistemas más grandes gestionados por empresas de agua privada. Como ejemplo se puede citar que, según el personal de Ressano, el actual sistema de tarifas vino impuesto como una política a nivel nacional pero, sin embargo, según el ingeniero de la DNA, cada PSAA debe hacer un estudio de viabilidad específico para poder, a partir del mismo, establecer la política tarifaria adecuada. Sin embargo, dada la carencia de técnicos especializados en la materia, Ressano ha adoptado las tarifas aplicadas en cualquier otra parte, sin un análisis adecuado de coste-beneficio.

El sistema no cuenta formalmente con comités de usuarios de agua que se encarguen de su gestión, aunque cada barrio tiene un secretario encargado de transmitir las quejas y necesidades de los vecinos.

Respecto al trabajo administrativo, se han contratado desde Enero de 2006 dos personas para estar permanentemente en la Administración y tratar temas relacionados con el agua. Sin embargo, la función de estos administradores se limita al cobro de facturas y, cuando llega el periodo de la facturación, se contratan dos personas externas cada mes para realizar esta función. Aún así, algunas deficiencias en la facturación son notorias, como la aplicación en algunos casos de tarifas domésticas cuando deben ser comerciales o fluctuaciones significativas en el número de conexiones de un mes a otro sin ninguna lógica.

Además, hay una falta de entendimiento de los roles asumidos por cada uno, así como las funciones y responsabilidades de cada trabajador; de forma que, a veces, algunas tareas quedan sin efectuarse porque cada trabajador piensa que es función del otro.

### 1.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Quizás sorprenda al lector el énfasis puesto durante todo el estudio en la importancia de garantizar un correcto uso y mantenimiento una vez la infraestructura se ha construido. En países desarrollados es algo que damos por hecho y que prácticamente entendemos que viene “por defecto” con cualquier servicio porque contamos con la suficiente financiación y recursos para que esto nunca signifique un problema real. Sin embargo, nuestro mayor error cuando trabajamos en proyectos de cooperación radica justamente en la infravaloración que asignamos a este componente, ignorando en muchos casos las **dificultades socio-económicas y de gestión** a las que algunos países en desarrollo se enfrentan cada día.

La rehabilitación de un sistema no consiste exclusivamente en reparar el equipo o la infraestructura dañada, sino que se trata de **mejorar un servicio** público, lo que conlleva una gran interacción entre los consumidores, proveedores, agencias y autoridades locales (ABRAMS *et al.*, 1998).

Como queda manifiesto en el caso de Ressano Garcia y en otros muchos, construir un servicio o una infraestructura es relativamente sencillo de hacer, pero lo que realmente



constituye un reto es **garantizar la sostenibilidad** del sistema no sólo durante los primeros años sino en un periodo mayor de tiempo.

El caso de estudio de Ressano Garcia refleja muy bien este aspecto, ya que apenas un par de años después la rehabilitación de la red de abastecimiento de agua que se llevó a cabo en 2003 el sistema no satisface actualmente las necesidades de la población. Cabe destacar la carencia de personal cualificado al frente del mismo, tanto a nivel de gestión como de operación y mantenimiento, la gran cantidad de deudas acumuladas y la insatisfacción generalizada con el sistema de abastecimiento. Esto es debido a que la rehabilitación del sistema no integró aspectos como la **rehabilitación de organismos gestores o el fortalecimiento de las estructuras sociales**. Como consecuencia de ello, el sistema necesita ser rehabilitado de nuevo ya que la calidad del servicio proporcionado es deficiente.

Sin embargo, dicha rehabilitación no debería consistir meramente en la reparación de la infraestructura en sí misma, sino que se deberían garantizar con la misma prioridad un **entorno estable y adecuado** que asegure la sostenibilidad del servicio a largo plazo. Un estudio previo debería centrarse en los aspectos que han llevado a la necesidad de rehabilitar el sistema y el análisis de los mismos para **evitar** la repetición de los **mismos fallos** en futuras intervenciones. A partir de aquí, se debe proceder al **fortalecimiento de la estructura social, económica y de gestión** del sistema para mejorar los cimientos sobre los que el nuevo servicio se apoyará. Puede ser útil que dichas medidas sean concebidas como objetivos a conseguir por la comunidad y participantes en el proceso, de forma que se establezcan como pre-requisitos antes de cualquier reparación física de la infraestructura. En cualquier caso, la identificación, análisis y establecimiento de estos objetivos debería ser **acordado con la comunidad**, que debe involucrarse activamente en todas las partes del proyecto.

## **I.6. DIRECTRICES PARA LA EVALUACIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE PEQUEÑOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

La evaluación in-situ del sistema de abastecimiento de agua de Ressano, ha sido la base para crear unas directrices que pueden ser útiles para futuras evaluaciones de la rehabilitación de otros pequeños sistemas de abastecimiento. Dichas directrices aparecen resumidas a continuación.



## DIRECTRICES PARA LA REHABILITACIÓN DE PEQUEÑOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

### *PASO 1. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.*

Identificar, estudiar y entender la situación actual en la que la actuación está inmersa. Analizar el problema a resolver y los agentes implicados, a quién está afectando y cuál es la realidad deseada.

---

*RECUERDA: El estado del actual sistema y prácticas influirá la decisión de si el sistema debe ser reemplazado, mejorado, rehabilitado o dejado tal y como está. (13)*

---

### *PASO 2. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE HAN LLEVADO AL DETERIORO Y FALLO DEL SISTEMA.*

Al evaluar la rehabilitación de un proyecto es crucial entender las causas que han llevado a la necesidad de rehabilitar el servicio en cuestión.

*RECUERDA: Los sistemas no caen en desuso sin razón. Al evaluar el potencial de la rehabilitación, deben identificarse las causas por las cuales el servicio esta fuera de uso o gravemente deteriorado y analizadas para poder formular las recomendaciones de alternativas viables (17). Además no solo sólo la infraestructura en sí misma puede estar dañada, sino que es importante analizar también debilidades en la estructura social, operacional, de gestión legal, financiera, organizativa e institucional del sistema.*

---

### *PASO 3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.*

Estudiar las posibles opciones disponibles para mejorar la situación actual. Todas las opciones deben analizarse desde un punto de vista económico, técnico, social, medio-ambiental, y de su gestión, operación y mantenimiento.

### *PASO 4. DECISIÓN: ¿VA A REHABILITARSE EL SERVICIO O FACILIDAD?*

La decisión de rehabilitar o no el servicio o infraestructura depende de 3 factores (ver figura 2):

- alternativas posibles
- recursos disponibles
- prioridades y/o necesidades de la comunidad.



El análisis y estudio de la viabilidad de estos aspectos desde diferentes puntos de vista (económico, técnico, social, etc.) conducirá a la correcta decisión.



Adaptado de Calabuig Tormo et al. (2005)

**Figura 2:** Marco de la decisión de rehabilitar un servicio o no.

---

*RECUERDA: Una alternativa económica a la inversión en nuevos proyectos de abastecimiento de agua es la rehabilitación de los servicios defectuosos; pero la opción de rehabilitación debe incluir el análisis de las preferencias y necesidades de la comunidad y su capacidad de sostener el sistema (Brikké y Bredero, 2003).*

---

## I.7. REFERENCIAS

- 4º FORO MUNDIAL DEL AGUA (2006). *Water supply and sanitation for all*. Thematic document. Framework Theme 3. Mexico City, Mexico. 114. (Accedido: 4 Abril 2006) [http://www.worldwaterforum4.org.mx/uploads/TBL\\_DOCS\\_80\\_11.pdf](http://www.worldwaterforum4.org.mx/uploads/TBL_DOCS_80_11.pdf)
- ABRAMS, L. et al., (1998). *Sustainability Management Guidelines*. Prepared for Department of Water Affairs and Forestry, South Africa. (Accedido 3 Mayo 2006) [www.thewaterpage.com/Documents/Sustainability%20 Management Guidelines.PDF](http://www.thewaterpage.com/Documents/Sustainability%20Management%20Guidelines.PDF)



- BANCO MUNDIAL (1994). *Managing urban water supply and sanitation: operation and maintenance*. Operations and Evaluations Department, The World Bank. (Accedido: 28 Mayo 2006) <http://www.gdrc.org/uem/water/wb-urbanwater.html>
- BATTESON H. et al., (1998). *Guidance manual on water supply and sanitation programmes*. Department for International Development. Londres, RU. 52-53, 149-151.
- BRIKKÉ, F. AND ROJAS, J. (2001). *Key Factors for Sustainable Cost Recovery in the context of community-managed water supply*. Occasional Paper Series 32-E. IRC International Water and Sanitation Centre. Delft, The Netherlands. 25. (Accessed: 28 May 2006). <http://www.irc.nl/content/download/2568/26552/file/op32e.pdf>
- BRIKKÉ, F. Y BREDERO, M. (2003). Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation. A reference document for planners and project staff. WHO and IRC International Water and Sanitation Centre. Geneva, Switzerland. 11-13, 24. (Accessed: 28 May 2006). [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene/om/linkingintro.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/om/linkingintro.pdf)
- COLLYMORE, Y. (2006). *Mozambique trata de recuperar los estragos de su guerra civil*. Artículo en Population Reference Bureau. (Accedido 23 Agosto 2008) <http://www.prb.org/SpanishContent/Articles/2003/MozambiqueTrataDeSuperarLosEstragosDeSuGuerraCivil.aspx>
- COMISIÓN EUROPEA (1998). Guidelines for water resource development co-operation. Towards sustainable water resources management. A strategic approach. (Accedido: 14 Diciembre 2005). [http://ec.europa.eu/comm/development/body/publications/water/en/frontpage\\_en.htm](http://ec.europa.eu/comm/development/body/publications/water/en/frontpage_en.htm)
- HUEB JOSÉ A. (1999). Advantages of Leakage Control and the Reduction of Unaccounted-for Water. In: *International Symposium on 'Efficient Water Use in Urban Areas - Innovative Ways of Finding Water for Cities'*. Session 5: Leakage Control and the Reduction of Unaccounted-for Water. Geneva, World Health Organization, Geneva, Switzerland. (Accedido: 15 Julio 2006). <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/ReportSeries/IETCRep9/4.paper-E/4-E-hueb1.asp>
- INGENIERÍA SIN FRONTERAS (2008). *Crónica Mozambique – Julio 2008*. (Accedido 23 Agosto 2008) [http://apd.isf.es/docs/cronicas/0807\\_mozambique.pdf](http://apd.isf.es/docs/cronicas/0807_mozambique.pdf)
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA DE MOZAMBIQUE (2006). *Manual de Implementação das Modalidades de Gestão dos Pequenos Sistemas de Abastecimento de Água*. Direcção Nacional de Aguas. Departamento de Agua Rural. Maputo, Mozambique.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2003). *Operation and maintenance: making water supply and sanitation a sustainable reality*. Operation and Maintenance Working Group of the Water Supply and Sanitation Collaborative Council. Ginebra, Suiza. (Accedido 28 Mayo 2006) [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/wss/o\\_m.html](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/wss/o_m.html)



- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (2007). Mozambique National Human Development Report 2007. Challenges and Opportunities. The response to HIV and AIDS. (Accedido 23 Agosto 2008) [http://www.undp.org.mz/en/publications/publications/national\\_human\\_development\\_report\\_2007\\_mozambique](http://www.undp.org.mz/en/publications/publications/national_human_development_report_2007_mozambique)
- REVISTA ÁGUA (1997). *Política Nacional de Águas*. Revista del Centro de Formación Profesional de Agua y Saneamiento. Número Especial, No 34, 2a ed. Maputo, Mozambique.
- SACHS et al., (2004). Millennium Development Goals Needs Assessments for Ghana, Tanzania, and Uganda. United Nations Millennium Project. 78. (Accedido: 18 Julio 2006) <http://www.unmillenniumproject.org/documents/MPBackgroundPaperBPEASeptember3-04.pdf>
- SMET, J. Y VAN WIJK, C. (2002). *Small communities water supplies. Technology, people and partnership*. IRC International Water and Sanitation Centre. Delft, Holanda. 538
- UN GLOBAL COMPACT (2007). Country Report Mozambique. Corporate Social Responsibility. (Accedido 23 Agosto 2008) [http://www.undp.org.mz/en/publications/publications/country\\_report\\_mozambique](http://www.undp.org.mz/en/publications/publications/country_report_mozambique)
- WATKINS, K. ET AL., (2007). Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. Programa de las Naciones Unidas Para el desarrollo. (Accedido 23 Agosto 2008) [http://hdr.undp.org/en/media/HDR\\_20072008\\_SP\\_Complete.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_SP_Complete.pdf)
- WEGELIN-SCHURINGA, M. (1999). *Water demand management and the urban poor*. IRC International Water and Sanitation Centre. (Accedido: 15 Julio 2006). <http://www2.irc.nl/themes/urban/demand.html>







## CASO PRÁCTICO 2.

### PROYECTO DE UN CAMINO DE TODO TIEMPO EN UNA COMUNIDAD RURAL DEL NORTE DE NICARAGUA

MANUEL GÓMEZ DE LA MEMBRILLERA

*Este trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Infraestructuras de transporte en el medio rural de Condega (Nicaragua) para la sostenibilidad del desarrollo territorial”, del alumno Manuel Gómez de Membrillera Ortuño, de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, tutorizado por el Dr. Antonio Serrano Rodríguez y el Dr. Ignacio Payá Zaforteza, presentado en Noviembre de 2001, en la ETSICCP de la Universidad Politécnica de Valencia.*

#### II.1. INTRODUCCIÓN

El presente caso práctico se centra en una parte de lo que constituyó un proyecto final de carrera iniciado hace más de ocho años en la Escuela de Caminos de Valencia, cuando la realización de proyectos de cooperación al desarrollo en el ámbito universitario no era habitual. Su objeto último no fue realmente el académico sino, más bien, el solidario y humano. Los tutores del proyecto fueron los profesores D. Antonio Serrano Rodríguez y D. Ignacio Payá Zaforteza.

El proyecto surgió a raíz de varias carencias existentes en el Municipio de Condega, situado en el norte de Nicaragua, y también ante la inquietud por desarrollar un Ejercicio Final de Carrera con vocación solidaria.

En junio de 2000, se estableció la primera conversación con la “Asociación Rubén Darío” (ONG de Madrid) y a finales de agosto de 2000 se formalizó la petición efectuada por el presidente de la “Cooperativa Nueva Esperanza”, D. Julio César Muñoz. Esta se refería a la necesidad por definir una solución técnica al grave problema de accesibilidad y productividad padecido por todos los productores de la zona de Los Alpes, dentro del municipio de Condega. En este caso, el proyecto técnico de un camino de todo tiempo constituyó el primer paso necesario para recabar cualquier tipo de ayudas o fondos.

Una vez conocidos el destino y las necesidades de los beneficiarios, lo siguiente fue recabar ayuda económica con la que sufragar los gastos del viaje y la estancia. La “Asociación Rubén Darío” proporcionó el pasaje aéreo y el “Centro de Cooperación para el Desarrollo” de la Universidad Politécnica de Valencia las expensas para la manutención.

Finalmente, se tuvo la oportunidad de pasar varios meses en el municipio de Condega realizando, entre otras cosas, el trabajo de campo necesario. Además de la ayuda de los miembros de la “Cooperativa Nueva Esperanza” se contó con el apoyo de la Alcaldía de Condega, que coordinó la ayuda al compatibilizarla con las líneas estratégicas de la Oficina de Planificación Municipal.



Teniendo en cuenta las fases incluidas en el ciclo de un proyecto de cooperación al desarrollo, puede indicarse que todo lo expuesto en el siguiente caso práctico se enmarca, exclusivamente, en la fase de diseño.

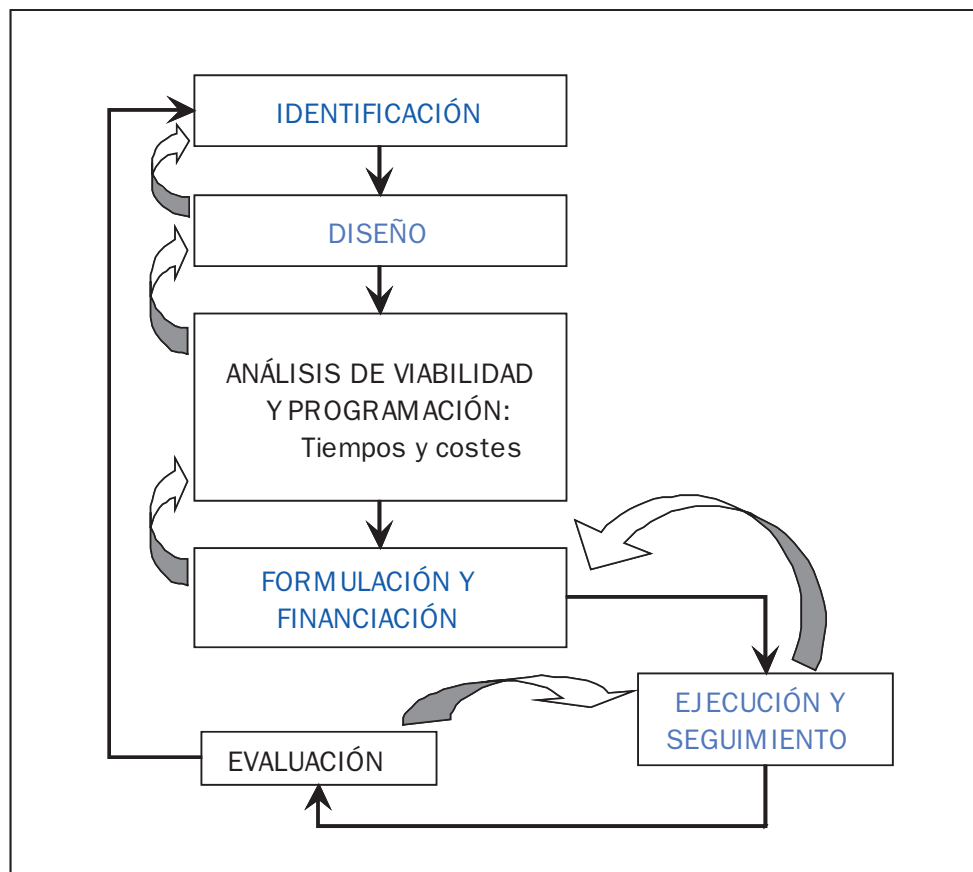


Figura 1. Esquema básico para el ciclo de un proyecto de cooperación al desarrollo

## II.2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

Nicaragua está situada en el centro geográfico del istmo centroamericano, limitando al norte con Honduras, al sur con Costa Rica, al oeste con el océano Pacífico y al este con el Mar Caribe. Por razones administrativas, Nicaragua se organiza en 15 departamentos y dos regiones autónomas. Todos ellos, a su vez, se dividen en 153 municipios.



**Otras particularidades de Nicaragua son las siguientes:**

- Superficie: 129.494 km<sup>2</sup> (como referencia Andalucía tiene 87.268 km<sup>2</sup> y España 504.750 km<sup>2</sup>)
- Capital: Managua (1.380.100 habitantes)
- Población: 5.465.100 personas (estimada en 2005)
- PIB per cápita: 958,6 US\$
- Índice Desarrollo Humano (IDH): 0,710 (puesto 110º, valor medio)
- Lengua oficial: español, aunque también se hablan diversas lenguas amerindias
- Forma de gobierno: república
- Religiones: 85% católicos
- Moneda: Córdoba (C\$).



**Figura 2. Mapa general de Nicaragua**

Durante los últimos años Nicaragua es el país con la economía de más rápido crecimiento en América Central y una de las que lidera el crecimiento en América Latina. Sin embargo, la reducción de la inflación, el crecimiento económico y la privatización no ha ayudado en absoluto a los grandes problemas sociales de Nicaragua. De hecho, el 48% de la pobla-



ción en Nicaragua vive en pobreza extrema (con menos de 1\$ diario) y más del 46% se encuentra subempleado.

Por su parte, el municipio de Condega está incluido en el Departamento de Estelí, y la propia localidad de Condega dista 185 kilómetros de Managua, capital del país, y 30 kilómetros de Estelí.

Presenta una superficie de 438 km<sup>2</sup> y un relieve muy accidentado, con diferencias de altitud que varían desde los 550 hasta los 1450 metros sobre el nivel del mar. La población total del municipio es cercana a los 30.000 habitantes, encontrándose el 70% en las zonas rurales y más de la mitad en núcleos menores de 500 habitantes. Este último hecho no permite lograr una amplia cobertura de beneficiarios en la ejecución de proyectos de inversión social y productiva.

La base económica del municipio de Condega es y ha sido históricamente la producción agropecuaria y, en concreto, el cultivo de granos básicos. Sin embargo, siempre ha sido una producción sin medidas ni manejo adecuado del recurso edáfico y la consecuencia ha sido una erosión descomunal de los suelos y unos rendimientos cada vez más bajos. Actualmente se reduce a una actividad de supervivencia debido a la falta de crédito, la degradación de los suelos, la falta de capacitación y la ruina genética de las semillas.

En relación a las cuestiones sociales, un 40% de la población del municipio se enmarca en el grupo de personas vulnerables por su estado limitado para enfrentar su propio desarrollo, como desempleados y analfabetos del sector rural, niños huérfanos, viudas, discapacitados y desmovilizados de guerra. Respecto a los servicios, las limitaciones y carestías son enormes, con un servicio sanitario absolutamente exiguo y un sector educativo de insuficiente capacidad y escasez de materiales didácticos.

El tema de las infraestructuras de transporte es especialmente grave y deja sin posibilidades de progreso a amplias zonas del municipio. Los habitantes de estas áreas, no tienen más remedio que emigrar a otro lugar y, de esta forma, se completa el círculo de los desequilibrios territoriales y poblacionales. Es necesario invertir en la creación y en el mantenimiento de infraestructuras en estas comunidades rurales, donde resulta directa la relación entre desarrollo e infraestructura. Resulta difícil plantearse el desarrollo sostenible del municipio cuando el 85% de la red vial está conformada por caminos vecinales transitables únicamente en verano y carentes de obras de drenaje y puentes.

### **II.3. NECESIDAD DEL PROYECTO Y ALTERNATIVAS**

Este proyecto nació ante la petición efectuada por el presidente de la Cooperativa Nueva Esperanza, referente a la realización de un estudio que permitiera definir la solución técnica al grave problema de accesibilidad y, también de productividad, padecido por todos los productores de la zona. Dicha solución consiste en un camino de todo tiempo, es decir, una carretera que puede utilizarse durante las diferentes estaciones del año – incluyéndose la época de lluvias.

La finalidad esencial que se pretendió cubrir con el proyecto fue la de beneficiar a todos los productores del área y, por supuesto, a la población de las comunidades cercanas como



Los Planes, San Jerónimo, La Laguna, Daraylí, Robledalito, Montañita y El Bramadero. La carretera discurre en su mayor parte por zonas de cultivo cafetalero y coadyuva un manejo más racional y eficiente de las cosechas, mejora los índices de accesibilidad en la zona y contribuye, en general, a implementar la calidad de vida de los habitantes de la zona.



**Figura 3. Beneficio húmedo de la cooperativa Nueva Esperanza y comunidad de Venecia, puntos extremos del trazado del camino de todo tiempo en el norte de Nicaragua**

De cara a la definición de la solución para el camino de todo tiempo, el trabajo más importante lo constituyó el proceso iterativo con el que se fue depurando el trazado definitivo. Todo ello se realizó a pie de campo tras varios estudios directos del terreno y muchas caminatas por la zona. También fue decisivo el diálogo con varios de los afectados por el nuevo trazado del camino dado que, en un principio, varios de ellos no estaban dispuestos a dar paso por su propiedad.

Los principios generales que guiaron las decisiones adoptadas para definir la solución del camino fueron:

- Evitar, en la medida de lo posible, las zonas bajas más húmedas y huir de los suelos arcillosos siempre que fuese viable.
- Limitar las pendientes máximas de la rasante para reducir los costes de explotación del camino.
- No alejarse demasiado de las parcelas o áreas donde se cultiva café a fin de permitir una salida más eficiente del producto con la que reducir los costes.
- Emplear en la unión de tramos rectos, como mínimo, acuerdos circulares con radio igual a 40 metros.
- Respetar al máximo los árboles mayores y la vegetación de la zona.

De esta manera, el primer trabajo que hubo que realizar tras esa definición preliminar del camino fue el levantamiento topográfico de una franja suficientemente ancha del terreno.



Se logró con ayuda de la estación total prestada por la Alcaldía de Estelí y, posteriormente, mediante un modelo digital del terreno. Fue, sin duda, el trabajo más elaborado y arduo del proyecto, pero también el más gratificante y humano debido a la estrecha convivencia con todos los habitantes de la zona.



**Figura 4. Trabajo de campo durante el levantamiento topográfico**

Todos los días, al terminar la jornada, se corroboraba la bondad de las poligonales realizadas con una calculadora programable a la luz de un candil de gasoil. La inexistencia de luz eléctrica en la zona obligaba a acercarse a la comunidad de La Laguna o a Daraylí, a lomos de alguna mula, con objeto de recargar las baterías de la estación total. Por otra parte, todos los días venían voluntarios de las comunidades cercanas para colaborar en el levantamiento portando los prismas y, sobre todo, “chapeando” y apartando la frondosa vegetación que impedía la mayoría de las veces la lectura de distancias o ángulos.

Todos los domingos se aprovechaba para bajar al pueblo de Condega y volcar al ordenador de la Alcaldía todo el trabajo de la semana con ayuda del programa informático que acompaña a la estación total. Evidentemente, fue necesario estudiar y probar el funcionamiento de la estación total antes de iniciar los trabajos.

Para el replanteo se escogieron tres puntos significativos localizados en el entorno del beneficio húmedo de la Cooperativa Nueva Esperanza y otros tantos más al principio de la comunidad de Venecia.

Una vez que se hubo definido el trazado preliminar del camino y se generó la cartografía, las diferentes disyuntivas que hubo que dirimir fueron:



- Estudio de las alternativas de trazado, in situ.
- Solución técnica más adecuada para la plataforma de la carretera.
- Características de las obras de drenaje transversal y longitudinal.
- Solución para el paso sobre la quebrada a la altura del Punto Kilométrico 1+000 m.
- Solución de trazado en los alrededores de la laguna artificial de Venecia y paso a través de ésta, y,
- Disquisición acerca de los medios de ejecución más apropiados.

Respecto a la plataforma de la carretera debe recordarse la naturaleza arcillosa y/o limosa de los suelos encontrados en el 98% de la traza del camino. Ello, unido a la respetable pluviosidad de la zona, obligó a alejar la rasante de la carretera del terreno natural. Sin embargo, la ausencia de materiales pétreos o granulares a lo largo de la traza del camino y el elevado coste de la explotación de bancos de materiales y el relleno obligó a desestimar el uso de un pedraplén o un terraplén generoso con el que obviar los problemas de contaminación por finos y humedades. La opción de los geotextiles también quedó descartada por su elevado coste y, finalmente, se determinó una estabilización del suelo, in situ, con cal apagada. Únicamente se recurrió a la estabilización con cal en los tramos en desmonte (aquellos en los que la traza de la carretera se encuentra más baja que el terreno natural y, por tanto, es preciso excavar), aunque fueron la mayoría.

Para las obras de drenaje transversal, en principio, se adoptaron alcantarillas de concreto cada 100 metros aproximadamente. El alto coste de estas obras obligó a emplearlas únicamente en dos cruces transversales con cursos de agua. Para el resto de los casos se optó por vados de concreto y encachados de piedra bolón.

Respecto a la quebrada que atraviesa el trazado alrededor del Punto Kilométrico 1+000 metros, al margen de los condicionantes hidráulicos, el problema se solucionó proyectando un puente vehicular. En principio, la intención era aprovechar unos perfiles metálicos que pertenecieron al puente vehicular de Condega, arrasado por el huracán Mitch, para situar sobre ellos un tablero a base de troncos de madera. Sin embargo, el elevado coste de una grúa de porte suficiente y del propio transporte hasta la zona de la carretera, unido al difícil acceso aconsejaron adoptar otra solución. El puente a base de madera no era recomendable debido a la elevada humedad del ambiente y las copiosas lluvias y una solución había de tomarse. En este punto surgió la ayuda inestimable del ingeniero español Don Guillermo Candela. De sus consejos y los de Don Ignacio Payá, cotutor del proyecto, se elaboró el proyecto del puente vehicular.

Otro de los aspectos a dirimir fue el trazado de la carretera en los alrededores de la comunidad de Venecia. El trazado inicialmente propuesto por los interesados daba lugar a pendientes prohibitivas y fue necesario modificarlo para obtener pendientes menores del 13%, puesto que con más pendiente las máquinas compactadoras no pueden trabajar.



## II.4. PRINCIPALES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Un importante aspecto de cualquier proyecto de cooperación al desarrollo lo constituye el conjunto de personas, grupos, organizaciones, instituciones o autoridades que pueden estar afectados por la acción de desarrollo prevista. Es conveniente identificar con cuidado cada uno de los grupos y determinar las relaciones existentes entre los diferentes colectivos, que presentan intereses y expectativas particulares.

Los principales actores de este proyecto fueron, indudablemente, los beneficiarios de la actuación, que determinaron la solución adoptada para aliviar los problemas existentes. Respecto a las contrapartes, aunque no estaba previsto inicialmente, fue la Alcaldía de Condega quien resultó clave para articular los trabajos necesarios en el diseño.

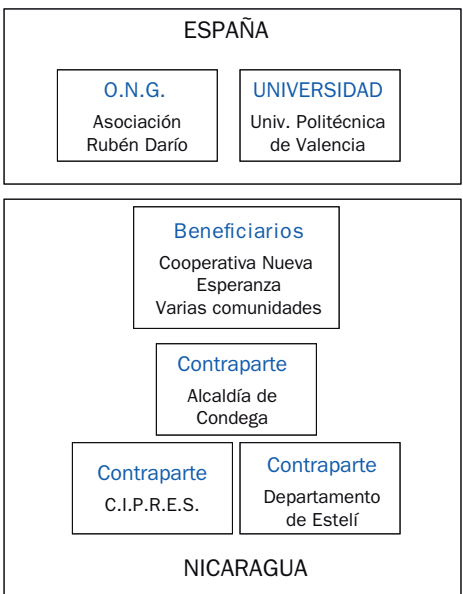


Figura 5. Principales participantes en el proyecto del camino de todo tiempo en Condega

## II.5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

A continuación se describe brevemente las características principales del camino de todo tiempo que constituye este caso práctico.

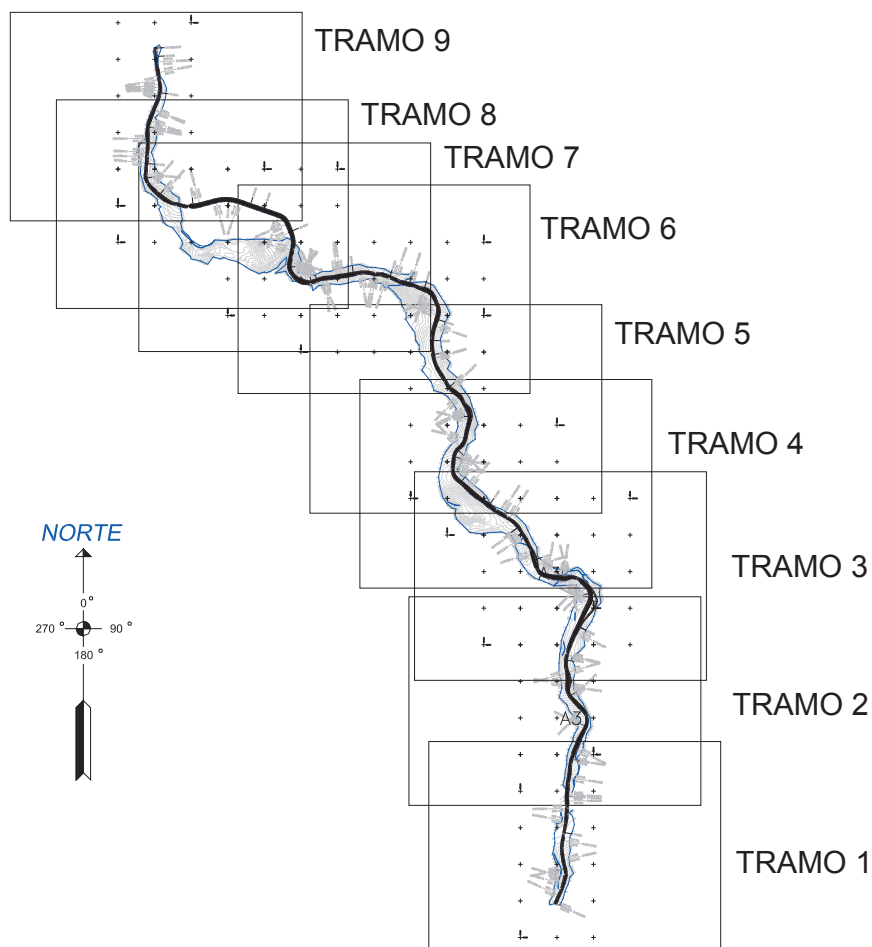
### II.5.1. TRAZADO DEL CAMINO

El trazado en planta se ajustó a la trocha existente, en la medida de lo posible, a fin de causar la menor distorsión a los propietarios de los terrenos y minimizar el impacto ambiental. Tuvo ciento una alineaciones, todas ellas rectas o curvas circulares con radio



mínimo de 40 metros; no utilizándose curvas de transición. Se desarrolló en un total de 3322,7 metros, calculándose con velocidad específica inferior a 40 km/h.

En cuanto al trazado en alzado, se procuró en todo momento reducir al máximo las pendientes de la rasante, a pesar de que lo accidentado del terreno natural no concedió excesivos márgenes de maniobra. La pendiente máxima que se adoptó fue del 13%, dado que este es el límite que admiten las máquinas compactadoras y el habitualmente adoptado en Nicaragua. Todos los acuerdos verticales tuvieron una longitud mínima de 20 metros y se resolvieron con parábolas, en concreto, treinta y siete alineaciones.



**Figura 6.** *Planta general del camino, definida sobre la cartografía elaborada a partir del levantamiento topográfico efectuado con ayuda de los beneficiarios*



### II.5.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Los terraplenes más importantes llegaron hasta los 3,4 metros de altura máxima, con taludes 3H:2V. En general, estuvieron compuestos por materiales procedentes de préstamos debido a la mala calidad de los suelos naturales presentes en la traza.

De mayor importancia fue la magnitud de los desmontes, puesto que en algunos perfiles se llegó a alcanzar los 5,5 metros, considerándose bermas horizontales con ancho de 2,6 metros a partir de los tres metros. De esta manera se pudo ejecutar los desmontes con taludes 1H:1V ó 1H:3,7V, según calidad del terreno atravesado.

### II.5.3. ESTUDIO DE MATERIALES

Los datos obtenidos del estudio de suelos realizado revelaron la existencia en la traza de material que podría calificarse de no apto debido a su naturaleza arcillosa y limosa, siendo los suelos arcillosos altamente plásticos. De esta forma, en la mayoría de los terraplenes el material de relleno procedió de las balastreras cercanas (bancos de materiales).

En los numerosos tramos de desmonte o trinchera la solución adoptada consistió en estabilizar el suelo existente con cal apagada.

### II.5.4. SECCIÓN TIPO Y AFIRMADO PARA EL CAMINO

La sección tipo del trazado constó de una única calzada de 4,00 metros sin arceres ni bermas. La sección adoptada en el puente vehicular presentó una calzada de 4,40 metros, y bordillos de 0,10 metros de anchura en ambos lados.

Se adoptó un firme compuesto por el propio material de relleno, denominado material selecto en Nicaragua (equivalente a una zahorra natural española), en los tramos de terraplén. Obviamente regado y compactado con los medios mecánicos locales.

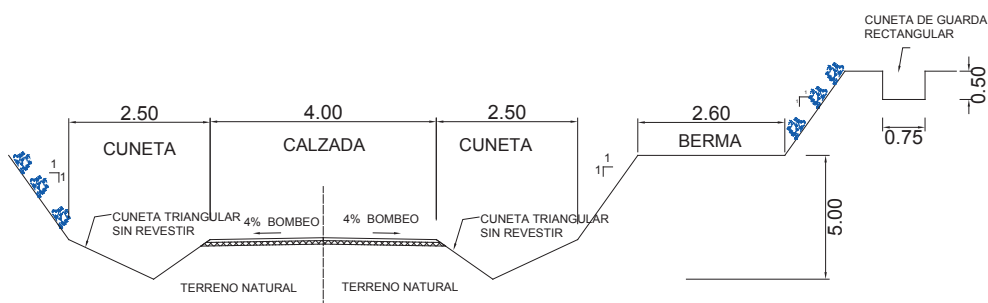


Figura 7. Sección tipo del camino en desmonte



Para los tramos en desmonte, muy numerosos debido a que el coste de excavación era mucho menor que el de explotación de banco de materiales más el relleno y compactación, se decidió estabilizar el suelo natural, in situ, en un espesor de 20 centímetros mediante adición de cal apagada en una proporción del 3% en peso del suelo a estabilizar. Se añadió una capa de rodadura con 15 centímetros de material selecto.

#### *II.5.5. OBRAS DE FÁBRICA Y DRENAJE*

Las obras de fábrica y drenaje proyectados permitieron dar continuidad a los cursos de agua detectados susceptibles de afectar a la traza.

Se proyectaron cunetas de sección triangular sin revestir para permitir el desagüe longitudinal de forma rápida de acuerdo a las pendientes y conforme a los caudales obtenidos según los estudios hidrológicos realizados. Se protegieron las cunetas de la erosión provocada por la velocidad del agua disponiendo escalones revestidos con piedra bolón cada 15 metros en los tramos cuya rasante superaba el 3% de pendiente. En el resto de casos la pendiente de la cuneta coincidió con la de la rasante.

Por otra parte, se detectaron cinco cuencas drenantes, a las que se dieron continuidad mediante tubos de concreto CII con diámetro 1220 mm (48 pulgadas) y 1520 mm (60 pulgadas), y vados de concreto de 2 metros de ancho y 3,5 pulgadas de espesor, apareciendo en secciones a media ladera. Los problemas hidráulicos planteados por la segunda cuenca fueron solventados mediante el puente vehicular. Con la luz adoptada existía un desagüe holgado siempre que no se obstaculizase el cauce y se retiraran los troncos existentes unos metros aguas abajo del puente.

En la coronación de los desmontes se proyectó una cuneta de sección rectangular que, siempre que su pendiente superara el 3%, también poseían escalones cada 15 metros a fin de disipar la energía del agua. Sin embargo, estos escalones no fueron revestidos de piedra bolón como en el caso de las cunetas anexas a la calzada.

Finalmente, a fin de proteger la zona de terraplenes de la erosión de las aguas de escorrentía procedentes de la calzada, se los sembró con semillas de especies arbóreas autóctonas dado que no resultó viable instalar un bordillo o caz junto con bajantes.

#### *II.5.6. PUENTE VEHICULAR NECESARIO*

Se proyectó una estructura de concreto armado sobre la quebrada de la segunda cuenca hidrográfica intersectada por la carretera, de 13,8 metros de longitud y 13 metros de luz entre apoyos, situada entre los PK. 0+996,5 y 1+009,5, diseñada en un único vano biapoyado y con un ancho de tablero de 4,60 m. Para el diseño se consideró el proceso constructivo hasta el punto de emplear tres modelos estructurales en función de la fase.

La solución propuesta fue un puente de vigas de concreto reforzado puesto que, para la tecnología disponible en esa zona, es la que más rentabiliza el material. Desde un punto de vista constructivo también resultó interesante dado que los medios precisos para la ejecución son muy modestos.



El tablero estaba formado por tres vigas "I" de 1.20 metros de canto, que a su vez estaban arriostradas por otras cuatro vigas transversales, ubicadas en los extremos y tercios de la luz. Sobre las vigas existía una losa de 20 cm. de espesor, también de concreto reforzado.

La cimentación se dispuso por medio de vigas flotantes de concreto armado sobre capa granular, situada inmediatamente detrás de los muros frontales de contención. La unión entre viga de cimentación y viga principal se previó con una doble rótula o biela Freyssinet, que permite deformación longitudinal y giro en los extremos. Esto permite que la estructura soporte los posibles asentos de las vigas flotantes sin introducirle tensiones de importancia.

Los estribos (muros de contención) se plantearon de mampostería para resistir por gravedad. Contaban con muros en vuelta, también llamados aletas, para la contención del derrame de tierras del terraplén. En todos los casos apoyaron sobre una masa de concreto ciclópeo de 0,6 metros de canto y 2 metros de ancho. Para el diseño se supuso que la cimentación llegaba hasta la roca madre, de origen volcánico. En caso contrario, había que proceder a mejorar el terreno natural con material de relleno del tipo piedra bolón y extender encima el hormigón ciclópeo.

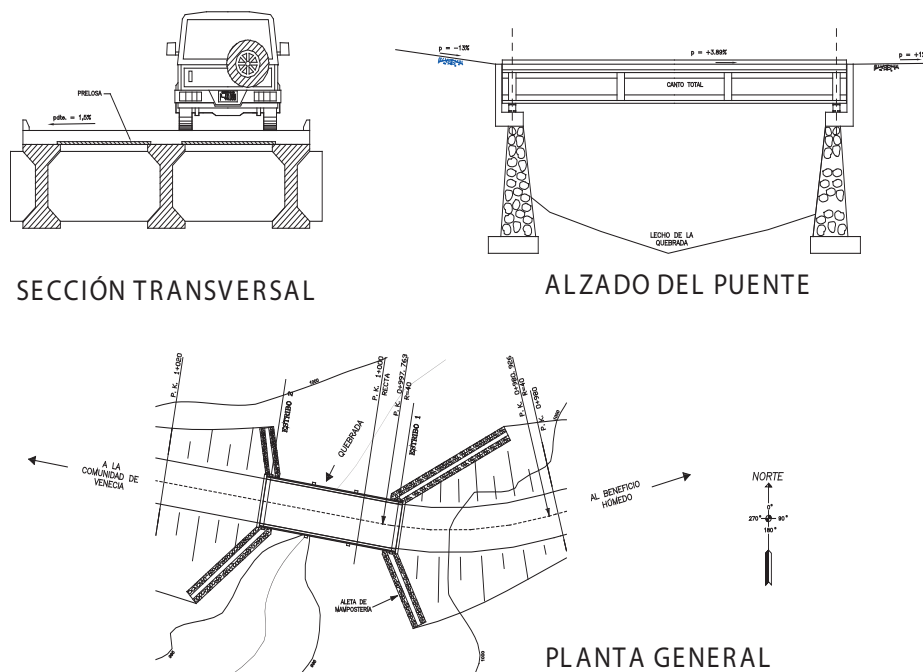


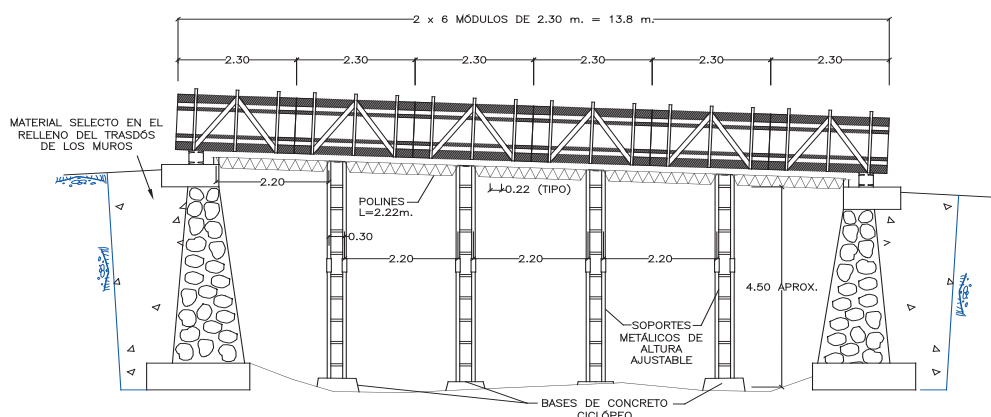
Figura 8. Definición general del puente vehicular proyectado en un tramo del camino



El relleno del trasdós de los muros de mampostería estaba formado por material granular y el paramento del muro contaba con numerosos mechinales de drenaje para evitar la presión de agua, siendo su altura de unos cuatro metros hasta la base de las vigas flotantes y de más de seis metros hasta la cota de la rasante.

Visto en planta el tablero no posee esviaje alguno, dado que introduce complicaciones en la ejecución. Para poder ejecutar la losa se planteó el uso de prelosas de concreto reforzado que funcionaban como encofrado perdido; teniendo una longitud de 1,50 m, 0,49 m de ancho y 4 cm de espesor.

La calzada resultante tenía una anchura de 4,40 m, suficiente para que se cruzaran dos vehículos ligeros sin dificultad, siendo la rodadura el mismo concreto de la losa. A ambos lados de la calzada había sendos bordillos de 0,10 m de ancho, elevados 15 cm sobre la calzada. La evacuación de aguas pluviales se llevaba a cabo de manera natural gracias a la pendiente longitudinal del 3,89% debido al trazado en alzado del camino. Además, la calzada contaba con una pendiente transversal del 1,50% hacia el lado izquierdo en el sentido de avance de los puntos kilométricos, así como un desagüe ubicado en la esquina con cota más baja.



**Figura 9. Detalle de uno de los planos elaborados para especificar el proceso constructivo del puente vehicular (puede apreciarse la cimbra y los encofrados o formaletas)**

### II.5.7. CONSIDERACIONES DE TIPO AMBIENTAL

En el proyecto del caso práctico analizado se denominó “Análisis de Impacto Ambiental” a lo que habitualmente constituye el “Estudio de Impacto Ambiental”. En el Anejo correspondiente se incluyó el formulario remitido al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de la República de Nicaragua, que concede un “permiso ambiental” para ejecutar cualquier proyecto que reúna las condiciones adecuadas.

### *II.5.8. SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LAS OBRAS*

En Nicaragua no es preceptivo ni habitual tener en consideración de manera específica la Seguridad y Salud durante los trabajos de construcción. No obstante, en el proyecto constructivo se incluyó un documento análogo a lo que sería un Estudio Básico de Seguridad y Salud, según la legislación española. Por consiguiente, no se consideró directamente en el Presupuesto una partida para gastos en Seguridad y Salud, ni se adjuntó Planos o Pliego específico para este aspecto. Únicamente se hizo una descripción de los posibles riesgos y se indicó las medidas a considerar, teniendo en cuenta los procedimientos, equipos y medios previstos.

### *II.5.9. PRESUPUESTO DEL PROYECTO*

A continuación se recogen los criterios adoptados para elaborar el presupuesto del camino de todo tiempo, así como la descomposición del mismo en capítulos de obra.

- Valorar el proyecto mediante precios unitarios y mediciones que optimizaran económicamente las obras.
- Ajustar el proyecto a las demandas sociales, encajándolo dentro de unas cifras razonables y planificadas previamente.
- Informar a los constructores de la valoración de las obras y sus mediciones, de modo que pudieran efectuar sus ofertas con la información más fiable posible.
- Servir de base a las relaciones económicas que pudieran establecerse durante la ejecución de las obras (contrato, certificaciones, control económico de la obra, precios contradictorios, modificaciones u obras complementarias, etc.)

Para poder formar el Presupuesto se empleó los habituales cuadros de precios, comenzando por el Cuadro de Precios N°1, donde se estudió los elementos básicos de mano de obra, transporte, maquinaria y el precio de los materiales (sin transporte), sin incluir impuestos, para deducir después las diversas unidades de obra compuestas. En los precios se incluyó además de los costes directos enumerados, los indirectos que comprenden: imprevistos, personal técnico y administrativo adscrito a la obra, construcciones e instalaciones provisionales así como los gastos de análisis de materiales, pruebas y ensayos de control de calidad.

En el Cuadro de Precios N°2 se presentó los precios unitarios descompuestos, tomando como base la Justificación de Precios, y expresando los precios parciales de las operaciones correspondientes a las distintas fases de ejecución de las unidades de obra.

Con los precios unitarios del Cuadro de Precios N°1 y el estado de mediciones obtenido del estudio de Planos se obtuvo los costes directos, y tras añadir el 1% de Ferry y los costes indirectos resultó el Presupuesto de Ejecución Material, utilizando la acepción española. Tras considerar un incremento del 5% por Sobrecosto de Administración y un incremento del 5% en concepto de Utilidad (equivalente al Beneficio Industrial español) se obtuvo el Costo de Venta (equivalente, aproximadamente, al Presupuesto de Ejecución por Contrata español).



Los valores obtenidos, desglosados en el Documento N° 4: Presupuesto, fueron los siguientes:

**Cuadro 1. Presupuesto de Ejecución Material del proyecto**

|                                            |                         |                      |
|--------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| <b>CAPÍTULO 1:</b> Movimiento de Tierras   | 1.440.714,52 C\$        | 107.516,01 \$        |
| <b>CAPÍTULO 2:</b> Drenajes                |                         |                      |
| Drenaje Transversal                        | 83.428,86 C\$           | 6.226,03 \$          |
| Drenaje Longitudinal                       | 126.654,03 C\$          | 9.451,8 \$           |
| <b>CAPÍTULO 3:</b> Firms                   | 696.545,27 C\$          | 51.980,99 \$         |
| <b>CAPÍTULO 4:</b> Estructuras             | 366.339,29 C\$          | 27.338,75 \$         |
| <b>CAPÍTULO 5:</b> Reposición de Servicios | 16.281,23 C\$           | 1.215,02 \$          |
| <b>TOTAL P. E.M.</b>                       | <b>2.729.963,20 C\$</b> | <b>203.728,60 \$</b> |

Finalmente, se muestra el Presupuesto de Ejecución por Contrata resultante.

**Cuadro 2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (Precio de venta)**

|                                                                |                      |
|----------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>                       | <b>203.728,60 \$</b> |
| 5% ADMINISTRACIÓN (Gastos generales)                           | 10.186,43 \$         |
| 5% UTILIDAD (Beneficio industrial)                             | 10.186,43 \$         |
| <b>COSTO DE VENTA</b>                                          | <b>224.101,46 \$</b> |
| 15% I.G.V. (Impuesto General al Valor)                         | 33.615,22 \$         |
| 1% I.M. (Impuesto Municipal)                                   | 2.241,01 \$          |
| 1% TIMBRES                                                     | 2.241,01 \$          |
| <b>PRECIO DE VENTA (Presupuesto de Ejecución por Contrata)</b> | <b>262.198,71 \$</b> |

#### II.5.10. PLAN DE TRABAJOS

El Programa de Trabajos resumido en la figura adjunta estableció un plazo de ejecución total de 9 meses, aunque se indicaba la obligación del Contratista por presentar su propio programa de trabajo antes de iniciar las mismas. Por otra parte, en un anejo del proyecto se describió los medios de ejecución considerados para obtener ese plazo y en el “Documento N°3 : Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares” del proyecto se describió con detalle las tareas que debían realizarse para culminar la ejecución de las obras.

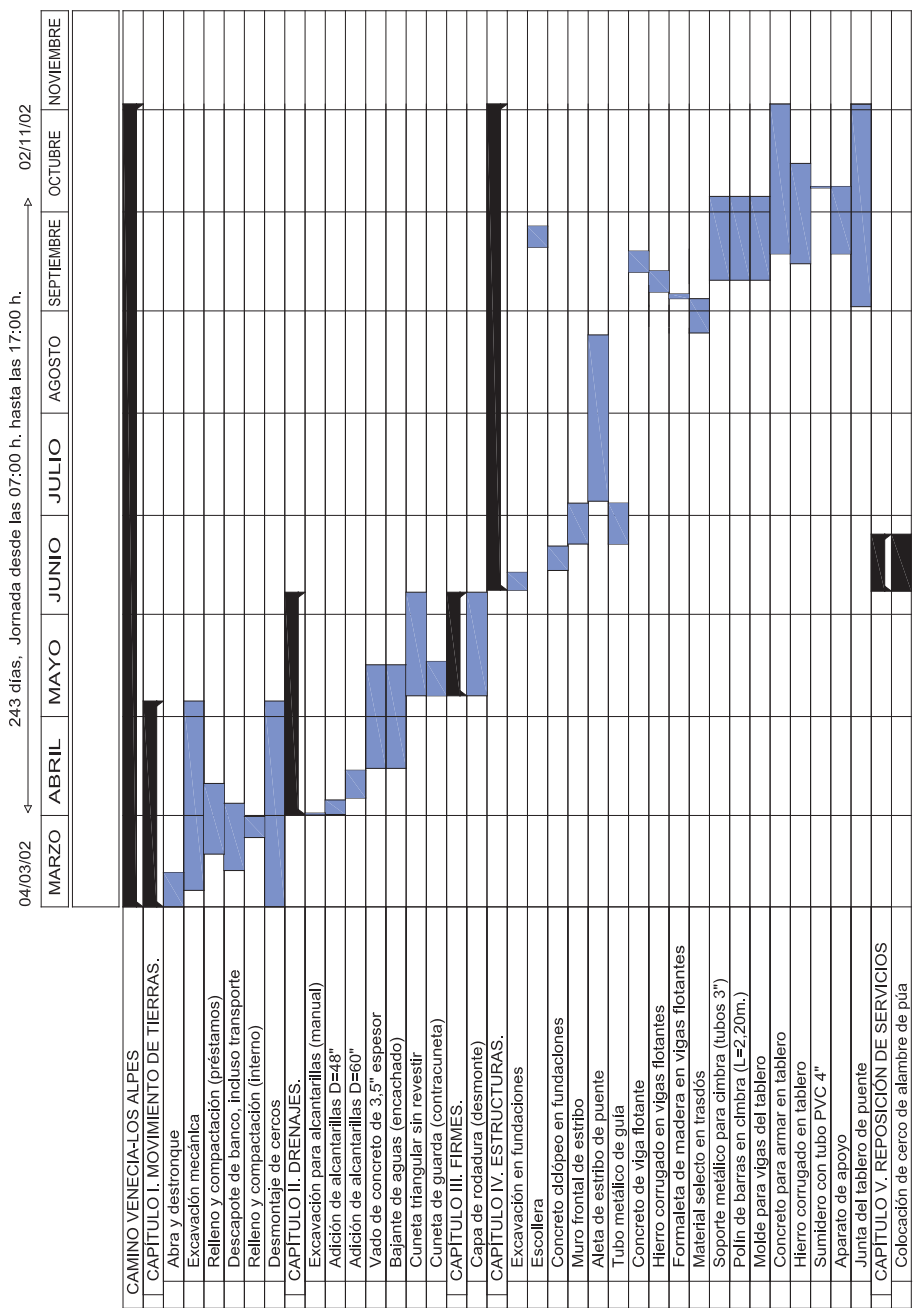


Figura 10. Cronograma de trabajos elaborado para el proyecto



## II.6. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones derivadas del caso práctico presentado. En primer lugar, las relacionadas con aspectos técnicos:

1. La principal limitación que gravitó en todo momento sobre el proyecto del camino fue la económica.
2. Otro condicionante de tipo logístico lo constituyó el enrevesado trayecto que existía entonces hasta la zona del proyecto y la disponibilidad de medios y materiales.
3. La solución planteada hubo de adaptarse a las condiciones locales en las áreas rurales de Nicaragua, junto con la disponibilidad de materiales, tecnología, técnicas constructivas y aspectos socio-económicos.
4. Desde el punto de vista técnico, los problemas fueron múltiples: los suelos existentes a lo largo de la traza son arcillosos y limosos, no fue posible aprovechar los materiales de excavación, las elevadas pendientes naturales obligaron a adoptar un sinuoso trazado en planta, fue preciso evitar las zonas bajas más húmedas y tratar de limitar las pendientes de la rasante, no alejarse de las parcelas de café, etc.
5. Mención especial merece el puente vehicular que se escogió como solución técnica de cara a salvar el paso de una quebrada. Fue necesario elaborar un proyecto específico y con entidad propia para definir esta obra de fábrica.
6. Todo el trabajo de campo necesario para la redacción del proyecto se realizó gracias a la colaboración de los miembros de la Cooperativa Nueva Esperanza, los habitantes de las comunidades cercanas a la zona del proyecto y la Alcaldía de Condega.
7. El proyecto fue redactado de acuerdo con la normativa técnica nicaragüense recopilada y la española, quedando siempre del lado de la seguridad ante cualquier disyuntiva de tipo técnico.

Al margen de las conclusiones de tipo técnico, puede destacarse otros valores añadidos de relevancia como, por ejemplo, la colaboración estrecha con las instituciones y los administradores locales, otorgándoles a ellos el papel protagonista. Igualmente es reseñable el involucramiento de las personas beneficiarias en los proyectos y el hecho de que no se tratara de actuaciones externas impuestas, sino demandadas directamente por los nicaragüenses afectados.

En las áreas rurales más desfavorecidas de Centroamérica, la materialización de proyectos como el de este caso práctico constituye la puerta para los proyectos de desarrollo y la ayuda humanitaria. De nada sirve construir un dispensario médico o una escuela si el médico y los profesores no son capaces de llegar a ellos durante muchos meses al año; por no disponer una vía transitada en condiciones o un puente con el que poder atravesar una quebrada de aguas crecidas. En añadidura, un camino decente también es la puerta para el transporte colectivo que, a su vez, lleva aparejado el establecimiento del comercio



y las relaciones entre diferentes comunidades, la introducción de capital y, en definitiva, el conocido efecto multiplicador de este tipo de proyectos.

Desde el punto de vista de la accesibilidad, el comercio y la mejora de las condiciones de vida, los beneficios de proyectos dedicados a las infraestructuras de transporte son obvios, pero a ellos puede añadirse otros no menos importantes, como la autoestima y la superación que suponen para los habitantes de las comunidades rurales involucradas, la identificación con una obra en cuya construcción han participado, la capacitación de especialistas en diversos oficios, la entrada de liquidez en la zona, etc.



## CASO PRÁCTICO 3.

### ESTUDIO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MARCO DEL PROYECTO DE MEJORA INTEGRAL DEL HÁBITAT DEL ASENTAMIENTO IRREGULAR MOLINO BLANCO, ROSARIO, ARGENTINA

SERGIO BELDA MIQUEL

*Este trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Estudio del abastecimiento de agua potable en el marco del proyecto de mejora integral del hábitat del asentamiento irregular Molino Blanco, (Rosario, Argentina)” del alumno Sergio Belda Miquel, de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, tutorizado por el Dr. Antonio Torres Martínez y el Dr. José Monzó Balbuena, presentado en Julio de 2007 en la ETSICCP de la Universidad Politécnica de Valencia.*

#### III.1. ANTECEDENTES DEL PFC

En octubre de 2006 se firma un acuerdo de colaboración entre la Municipalidad de Rosario (Argentina) y la Universidad Politécnica de Valencia para el intercambio de estudiantes y personal entre ambas instituciones. Por otro lado, existía ya un Convenio Marco entre la UPV y la Universidad Nacional de Rosario (UNR).

En virtud de estos acuerdos y gracias a una beca del Centro de Cooperación al Desarrollo de la UPV y a la colaboración de los profesores José Monzó y Antonio Torres, me desplazo a la ciudad de Rosario por espacio de tres meses, entre octubre y diciembre de 2006, para realizar una estancia de estudio e investigación en el Programa Rosario Hábitat de la Municipalidad, con el apoyo de la UNR.

El Programa Rosario Hábitat es un programa de desarrollo promovido por la Municipalidad de Rosario que tiene como finalidad proponer proyectos para la mejora e integración de áreas urbanas irregulares y marginadas de la ciudad (asentamientos irregulares), proponiendo intervenciones físicas y sociales. El objetivo de mi estancia en el Programa es el de proponer y desarrollar a partir de la misma mi Proyecto Final de Carrera de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, haciendo una aportación propia al Programa, además de contribuir a estrechar lazos entre las instituciones y servir de precedente para futuros intercambios.

Se decide que mi trabajo se desarrolle en el marco del Proyecto de mejora del asentamiento Molino Blanco, en ejecución desde 2005 y con fecha prevista de finalización a fines de 2008. La propuesta de trabajo consistió en centrarme en uno de los subcomponentes del Proyecto, el de abastecimiento de agua potable, reelaborándolo y completándolo para proponer una nueva formulación más detallada y rigurosa, siguiendo el método del Enfoque del Marco Lógico. Para la labor cuento con el apoyo de mi tutora académica de la UNR la profesora Claudia Rosenstein, de los miembros del Equipo Molino Blanco, de distintos



trabajadores del Servicio Público de la Vivienda (SPV) y de profesores del Departamento de Ingeniería Sanitaria de la UNR.

Las principales actividades desarrolladas fueron las siguientes:

- Visitas y toma de datos en el campo.
- Entrevistas con distintos agentes implicados en el Proyecto.
- Asistencia a asambleas y talleres con los beneficiarios del Proyecto.
- Recogida de datos en las instituciones implicadas en el Proyecto (SPV, Aguas Santafesinas...)
- Recogida de datos en otras instituciones nacionales (INDEC, ENOHSa)
- Búsqueda bibliográfica en la UNR y en distintas áreas de la Municipalidad.
- Apoyo en actividades cotidianas del Equipo del Proyecto Molino Blanco.

### **III.2. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA**

América Latina viene experimentando, desde los años 50, un acelerado y descontrolado proceso de urbanización que la ha hecho convertirse en la región más urbanizada del mundo.

Las grandes urbes latinoamericanas no pudieron absorber los nuevos habitantes procedentes de los sucesivos éxodos rurales. La población migrante, viendo frustradas sus expectativas de progreso y obtención de trabajo, no tuvo acceso a los mercados formales de tierra y vivienda, produciendo modos de ocupación informal tanto en lo legal como en lo físicoterritorial, ocupando predios libres y marginales.

Estos procesos irregulares y descontrolados han generado barrios de extraordinaria precariedad en los aspectos tanto urbanísticos, habitacionales y ambientales como en los sociales. Estas partes de la ciudad “no existen” institucionalmente para los poderes públicos, ya que sus habitantes no son propietarios de las tierras que ocupan, no pagan impuestos ni están registrados en los catastros oficiales.

Como resultado de estos procesos, se produce un gran efecto distorsionador en la ciudad latinoamericana, al segregarse ésta en “dos ciudades”: por un lado la ciudad “formal”, legal y consolidada, con su propia lógica y mecanismos de crecimiento, dotada de los servicios urbanos básicos y de las mínimas condiciones habitacionales y ambientales. Por otro, la ciudad “informal”, de generación espontánea y descontrolada, ilegal e inexistente administrativamente, carente de los mínimos servicios urbanos y en condiciones de extrema precariedad habitacional, ambiental y social.

A partir de los años 90 se empiezan a perfilar nuevas estrategias para el abordaje del problema, con el apoyo de los organismos internacionales y con el protagonismo de la esfera local de actuación, poniéndose en marcha diversos programas tendientes a resolver el problema de la ciudad dual (Programa Favela-Barrio, Programa Chile-Barrio, Programa Rosario Hábitat...)



Si la anterior estrategia se basaba en la erradicación de los asentamientos y en la entrega de viviendas nuevas “llave en mano”, los nuevos programas se centran en el mejoramiento integral de los asentamientos para su radicación en el lugar en que se encuentran, tratando de integrarlos en la ciudad formal. Las nuevas estrategias proponen además un enfoque multisectorial, acompañando el componente de mejora urbana con otros componentes, como los de la mejora de la atención social o incremento de los niveles de empleo en los asentamientos, tendientes a la disminución de la pobreza y la exclusión en sus múltiples dimensiones. Las intervenciones deben, en fin, contribuir no sólo a la mejora del entorno físico-ambiental sino al desarrollo social sustentable: se trata de una nueva y más amplia noción del “hábitat”.

Los nuevos programas se basan, en definitiva, en la integración de los asentamientos frente a su eliminación, en el enfoque multidisciplinar frente al estrictamente urbano y en la participación y la coestión frente a la intervención unilateral.

En este marco nace en 2001 Rosario Hábitat, programa de mejoramiento de barrios puesto en marcha por la Municipalidad de Rosario mediante un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo contraído por la República Argentina. El objetivo del Programa es realizar proyectos de mejora integral en distintos asentamientos irregulares de la ciudad, tratando de integrarlos a la ciudad formal mediante intervenciones físicas (reestructuración urbana, provisión de servicios urbanos...) y sociales (mejora de la protección de la población más vulnerable, mejora de los niveles de empleo...). Rosario Hábitat había intervenido ya a mediados de 2006 en 9 asentamientos y beneficiado a 1515 familias, esperando llegar a 6600 a fines de 2008.

### **III.3. CONTEXTO GENERAL**

#### *III.3.1. LA CIUDAD DE ROSARIO*

El Municipio de Rosario está localizado geográficamente a orillas del río Paraná, en el área Sureste de la provincia de Santa Fe, en la República Argentina. Se ubica en la región pampeana, a 20 m de altitud, en una zona templada. El Sistema Metropolitano Gran Rosario constituye el segundo conglomerado urbano en importancia del país tras el de Buenos Aires, con una población total en torno a 1.200.000 habitantes.

La ubicación geográfica y el puerto han sido los factores determinantes en el desarrollo metropolitano. Rosario es un importante centro portuario dentro de la economía agroexportadora que caracteriza a la Argentina, así como un importante centro industrial (industrias químicas, metalúrgicas, petroquímicas y automotrices) y una plataforma logística central en el marco de la red de comercio del Mercosur. El Gran Rosario fue y sigue siendo un lugar de arribo de numerosas familias, que, escapando de las crisis regionales y atraídas por el desarrollo industrial de la ciudad, se convierten en pobladores urbanos. La industria no pudo absorber la demanda de mano de obra, empeorando la situación después de la apertura de los mercados importadores en los 80.

Esta población migrante que no pudo acceder a los mercados formales de tierra y vivienda tendrá como única alternativa la instalación informal en los asentamientos, en un proceso



que no ha dejado de acelerarse desde los años 50. En 2006, el 32% de los rosarinos estaba por debajo de la línea de pobreza, mientras que el 11% vivía en la indigencia. Una buena parte de estos habitantes viven en los asentamientos irregulares de la ciudad.

Existen en Rosario en la actualidad 91 asentamientos, con unas 25.000 familias que totalizan unos 120.000 habitantes, constituyendo el 13,6% de la población total. Estos asentamientos se caracterizan en general por tener una población joven, altísimos niveles de desocupación y condiciones de habitabilidad de extrema precariedad, que afectan a la salud, la seguridad y el sano desarrollo general de los pobladores.

### *III.3.2. EL PROGRAMA ROSARIO HÁBITAT*

El Programa de mejoramiento de barrios Rosario Hábitat nace por iniciativa de la Municipalidad de Rosario en 2001. Ejecutado por el Servicio Público de la Vivienda (SPV), está financiado en un 60 % mediante un préstamo contraído por la Nación Argentina con el Banco Interamericano de Desarrollo y en un 40 % mediante recursos propios de la Municipalidad. El Programa comenzó a implementarse en 2002 para una duración de cinco años, que se ha prorrogado a siete.

El objetivo de Rosario Hábitat es proponer Proyectos de mejora integral en distintos asentamientos irregulares de la ciudad, tratando de encauzar los procesos de ocupación informal y de mejorar la calidad de vida de su población, mediante su integración física y social a la ciudad formal. Se prevé que los proyectos benefician alrededor de 6.600 familias (unas 34.000 personas) durante su tiempo de funcionamiento.

Los proyectos integran intervenciones urbanas y sociales, constando de tres componentes, relacionados con las estrategias básicas del programa:

- Mejora de las condiciones urbanas y ambientales, financiando obras de infraestructura y asistencia técnica y jurídica en la regularización de las propiedades.
- Disminución de la vulnerabilidad de niños y adolescentes, financiando acciones que mejoren o complementen la calidad, cobertura y eficiencia de servicios de prevención de riesgos de niños y adolescentes en los asentamientos intervenidos.
- Generación de trabajos e ingresos, mediante acciones que puedan mejorar la empleabilidad de los beneficiarios.

## **III.4. EL PROYECTO MOLINO BLANCO**

### *III.4.1. ANTECEDENTES*

Molino Blanco, asentamiento que recibe sus primeros habitantes en los años 60, está localizado en el Distrito Sur, constituyendo parte del límite del municipio de Rosario. Se trata de un área de borde delimitada por algunos elementos significativos: el cinturón de circunvalación y el arroyo Saladillo, las vías del ferrocarril Rosario-Buenos Aires y un antiguo terraplén ferroviario al norte. En el asentamiento existen 905 núcleos familiares y un total de 3465 pobladores. La práctica totalidad de las familias se encuentra en situación de



pobreza, viviendo en un entorno urbano-ambiental muy degradado. En general se observa un muy bajo nivel de vida y una grave situación de exclusión, tanto física como social, respecto de la ciudad formal.

Habiéndose realizado con muy escaso impacto algunas intervenciones previas en el asentamiento durante los 90, Rosario Hábitat realiza los estudios previos y aprueba en 2003 el Proyecto de mejora integral de Molino Blanco.



**Figura 1. Área de intervención**

### **III.5. DESCRIPCIÓN GENERAL**

#### **III.5.1. PRINCIPALES ACTORES**

Los actores implicados en la intervención son numerosos y con muy diversos intereses. Los más relevantes, incluyendo los que tienen que ver con los aspectos de abastecimiento de agua potable del proyecto, serían:

- Beneficiarios directos: los vecinos y las asociaciones de base de Molino Blanco.
- Beneficiarios indirectos: los vecinos de las áreas próximas a Molino Blanco.
- Ejecutor del Proyecto: el Servicio Público de la Vivienda de la Municipalidad de Rosario (SPV).



- Financiadores: la Municipalidad de Rosario, la República Argentina (a través de los Ministerios de Planificación Federal y de Economía), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
- Otras entidades públicas y privadas: Aguas Santafesinas S.A. (ASSA, la empresa prestataria del servicio de agua potable en Rosario), Ente Regulador de los Servicios Sanitarios de Santa Fe (ENRESS)

### *III.5.2. LÓGICA DE LA INTERVENCIÓN*

Tras el proceso de identificación y la construcción de los árboles de problemas y objetivos, siguiendo la metodología del Enfoque del Marco Lógico (ver anejo 1), la lógica de intervención del Proyecto se estructura de la siguiente forma:

**Objetivos generales:** Frenados y encauzados los procesos de segregación urbana y social en “ciudad formal” y “ciudad informal”, mejora de la calidad de vida de los habitantes de los asentamientos, disminuidas las tensiones sociales.

**Objetivo específico:** Integración física y social en la ciudad formal de Molino Blanco.

#### **Estrategia: Mejora urbana-ambiental**

- *Resultado 1:* Mejora de las condiciones urbanas y ambientales del hábitat.

#### **Estrategia: Población vulnerable**

- *Resultado 2:* Disminución de la vulnerabilidad de niños y adolescentes.

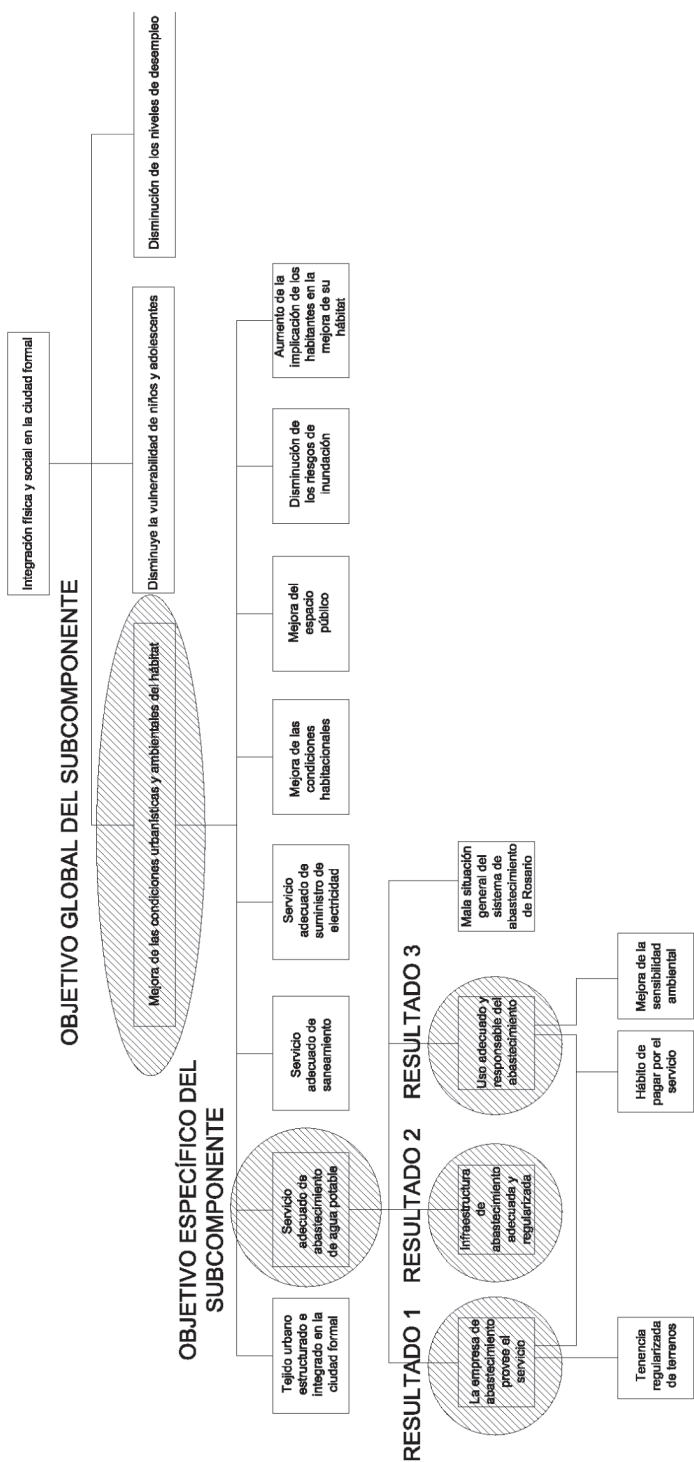
#### **Estrategia: Empleo**

- *Resultado 3:* Disminución de los niveles de desempleo.

## **III.6. EL SUBCOMPONENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO MOLINO BLANCO**

### *III.6.1. DISEÑO DEL SUBCOMPONENTE*

Dado que el Proyecto Molino Blanco es, como vemos, una intervención muy compleja, se subdivide en intervenciones más sencillas, de forma que el Proyecto se estructura coherentemente en tres niveles: Proyecto, Componente y Subcomponente (es lo que se denomina el Marco Lógico en cascada). Nuestro trabajo se centra en el Subcomponente de abastecimiento de agua potable, parte del Componente de mejora urbana-ambiental del Proyecto Molino Blanco Centrándonos en el lugar del subcomponente en el árbol de objetivos, podemos definir la lógica de la intervención:



**Objetivo general:** Mejora de las condiciones urbanas y ambientales del hábitat.

**Objetivo específico:** Servicio adecuado de abastecimiento de agua potable.

- *Resultado 1:* La empresa de abastecimiento provee el servicio.
- *Resultado 2:* Infraestructura de abastecimiento adecuada y regularizada.
- *Resultado 3:* Uso adecuado y responsable del abastecimiento.

A partir de la definición de objetivos y resultados se construye el Cuadro Lógico del Subcomponente, incluyendo actividades, recursos y costes, así como indicadores, fuentes de verificación e hipótesis (ver anejo 2).

### III.7. MODALIDADES DE EJECUCIÓN

#### III.7.1. RESPONSABILIDADES Y AGENTES IMPLICADOS EN LAS FASES.

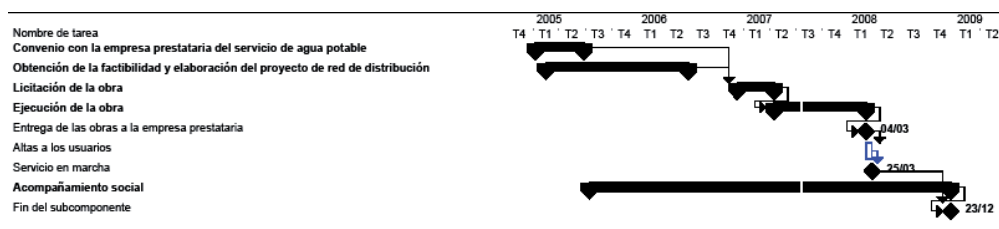
En el siguiente cuadro se muestran las principales fases de ejecución del subcomponente, así como los principales agentes implicados en cada una:

|                                                      | Rosario hábitat  |                         |                    |                                  | ASSA | ENRESS | Contratista |
|------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|------|--------|-------------|
|                                                      | Área técnica SPV | Área administrativa SPV | Área monitoreo SPV | Equipo de proyecto Molino Blanco |      |        |             |
| Convenio con la empresa prestataria del servicio     | X                | X                       | X                  |                                  | X    | X      |             |
| Elaboración del proyecto ejecutivo de abastecimiento | X                |                         | X                  |                                  | X    | X      |             |
| Licitación de la obra                                | X                | X                       | X                  |                                  |      |        |             |
| Ejecución de la obra                                 | X                |                         | X                  |                                  |      |        | X           |
| Altas y puesta en servicio                           |                  |                         | X                  | X                                | X    |        |             |
| Sensibilización y acompañamiento                     |                  |                         | X                  | X                                |      |        |             |



### III.7.2. CALENDARIO DE EJECUCIÓN

La duración total de las intervenciones del subcomponente es de algo más de cuatro años. Es de destacar que las actividades de sensibilización y acompañamiento social de los beneficiarios, presentes desde casi el inicio de la intervención, continúan también tras la puesta en marcha del servicio de agua potable (principalmente para facilitar y seguir los procesos de altas y de pago de las primeras facturas). En el siguiente diagrama de barras se representan las duraciones de las principales fases:



### III.7.3. MONITOREO Y EVALUACIÓN

El monitoreo y evaluación de todas las acciones de los subcomponentes del Proyecto Molino Blanco se realiza en distintas instancias:

**Seguimiento Participativo:** El Equipo Molino Blanco deberá informar a los representantes de los vecinos de Molino Blanco a través de las reuniones de la Comisión Mixta de Evaluación y Seguimiento (formada por el Equipo y los representantes).

**Seguimiento Interno:** El responsable del Equipo Molino Blanco y una Unidad Evaluadora Externa deberán informar al Área de Monitoreo del SPV a través de reuniones e informes periódicos.

**Seguimiento Externo:** El Área de Monitoreo del SPV deberá informar a los financiadores a través de informes semestrales y anuales.

### III.7.4. FACTORES DE VIABILIDAD DEL SUBCOMPONENTE

Siendo muy complejo el contexto en el que se enmarca la intervención, debemos considerarla, para garantizar su éxito, desde una perspectiva integral, abarcando en el análisis una amplia lista de aspectos en los que asegurar tanto la posibilidad real su ejecución material como la sostenibilidad de sus efectos positivos, recordando que la viabilidad de los proyectos de desarrollo es un juicio de valor de carácter multidimensional, en el que hay que considerar el impacto de factores políticos e institucionales, socio-culturales, tecnológicos, ambientales y económico-financieros.

### *III.7.5. PARTICIPACIÓN Y APROPIACIÓN POR PARTE DE LOS BENEFICIARIOS.*

Para la viabilidad del subcomponente será crucial la participación, compromiso e implicación de los beneficiarios en la intervención. A través de distintos espacios e instrumentos, se promoverá la participación de los beneficiarios en todas las fases de la intervención:

**Durante el diagnóstico:** a través de encuestas, entrevistas, encuentros previos con las organizaciones y líderes barriales y de la asamblea vecinal de presentación del Proyecto.

**Durante la formulación:** a través del Taller de Planificación Participativa.

**Durante la ejecución:** a través de la Comisión Mixta de Evaluación y Seguimiento y de las visitas a las obras.

**Permanentemente:** a través de la presencia continua del Equipo de Proyecto Molino Blanco en el local del asentamiento.

### *III.7.6. IGUALDAD ENTRE MUJERES Y HOMBRES*

La consideración de la perspectiva género implica garantizar que la intervención responda a las necesidades e intereses de mujeres y hombres y que ambos géneros se involucren, participen y tengan un acceso equitativo al nuevo servicio. La intervención debe contribuir a su vez a la disminución de las desigualdades de género y a reforzar el papel de la mujer.

A fin de verificar el cumplimiento de la equidad de género, el subcomponente adopta distintas medidas:

- Se hará especial insistencia en las reuniones previas en la importancia de la participación de las mujeres en todas las instancias de participación de la intervención.
- Tanto en el Taller de Planificación Participativa como en la Comisión Mixta de Evaluación y Seguimiento al menos el 50 % de los delegados barriales deberán ser mujeres.
- En las visitas, reuniones y talleres de sensibilización y capacitación deberá haber una presencia de al menos un 50 % de mujeres.
- Las facturas estarán a nombre del hombre y de la mujer, de modo que ambos serán corresponsables de los pagos.

Los objetivos de participación femenina no se consideran difíciles de alcanzar, ya que la mujer -además de constituir el 55 % de la población- tiene en el asentamiento un rol determinante en la vida doméstica y en la gestión de la economía familiar y -aunque no se dispone de información detallada- se estima que participa casi en la misma medida que el hombre en el aporte de recursos a la familia. Además, tiene mayor presencia en los movimientos asociativos (los miembros de las asociaciones son mayoritariamente mujeres) y, en general, una vida pública, social y cívica más activa.

### *III.7.7. VIABILIDAD TÉCNICA*

La solución para abastecer de agua a Molino Blanco se hará mediante la extensión de la red urbana de abastecimiento de Rosario a la zona, ya que existiendo esta posibilidad,



resulta de difícil justificación el uso de fuentes alternativas, permitidas por la ley sólo en caso de total necesidad.

El sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Rosario presenta una situación muy precaria, especialmente en lo referente a los niveles de presiones que, de hecho, son muy bajas en los tres puntos de conexión que la empresa propone para la extensión de la red a Molino Blanco. Por ello, el ENRESS ha concedido que se puedan dar mínimos de 8 metros de columna de agua (m.c.a.) a pie de calle (en vez de los 12 que marca la normativa), dada la excepcionalidad de la situación.

La solución propuesta de disposición de la red será la habitual en Rosario: una red mallada única para el abastecimiento de las viviendas y para los hidrantes, dispuesta bajo 12 acera cuando se encuentren tomas sólo a un lado de la calle y bajo la calzada cuando se encuentren tomas a ambos (el escaso tráfico en la zona lo permite). El material empleado en las conducciones será el PVC, ya que, aunque el polietileno podría presentar algunas ventajas, no es utilizado en la red urbana de Rosario.

De la red informal y autoconstruida que abastece clandestinamente a las viviendas se puede aprovechar muy poco, ya que está constituida por conducciones de muy pequeño diámetro y en mal estado. Sólo se han considerado aprovechables, por su estado y dimensiones, dos tramos de PVC de 0,160 m de diámetro, ya conectados a la red formal.

Para el dimensionamiento de las conducciones, empleando diámetros razonables, se cumplían los requisitos de presión (8 + 6 m.c.a.) sin necesidad de introducir elementos auxiliares pero, dados los escasos caudales en la red, encontrábamos conducciones que registraban velocidades muy bajas a lo largo de todo el día (ver cuadro 1).

Para que una red de agua funcione correctamente se debe obtener una cierta presión mínima en las tomas (14 m.c.a en nuestro caso, la suma de 8 m.c.a. que se nos exige a pie de calle más 6 m.c.a., que se considera la altura máxima de las viviendas) durante todo el día, así como unas velocidades mínimas en algún momento del día de al menos 0,3 m/s, ya que con velocidades inferiores se producen sedimentaciones y, así, problemas sanitarios. Manteniéndose constantes los caudales en la red, incrementando los diámetros de las conducciones se obtienen mayores presiones (ya que se dan menores pérdidas por rozamiento) pero se disminuyen las velocidades. El efecto es, obviamente, el contrario si disminuimos los diámetros.

Tanteando con distintos diámetros, debemos cumplir los dos requisitos. Si esto resulta imposible, se suelen incorporar dispositivos auxiliares (como bombas o depósitos elevados) para incrementar las presiones disponibles y poder así reducir los diámetros, incrementando las velocidades.

**Cuadro 1.**

Dado que no se puede recurrir a la reducción de diámetros sin tener que añadir a la red dispositivos auxiliares que la encarecerían, se propone operar sobre las válvulas de la red en horario nocturno, forzando determinados itinerarios del agua. Mediante distintas combinaciones de apertura y cierre de las válvulas, se pueden obtener situaciones distintas en las que, cumpliendo con los requisitos de presión, todas las conducciones alcanzan en alguna de las mismas una velocidad de al menos 0,3 m/s. Por tanto, con una adecuada planificación de la gestión del sistema podemos, aún con las bajas presiones de las que disponemos y de los escasos caudales demandados, lograr un funcionamiento adecuado de la red sin recurrir a bombas u otros elementos auxiliares.

### *III.7.8. VIABILIDAD ECONÓMICA: BENEFICIO SOCIAL.*

Dada la dificultad de estimar los beneficios sociales que reportan proyectos que no son de carácter productivo, los programas de mejoramiento de barrios han venido utilizando, como criterio estimativo de los beneficios en los análisis costo-beneficio, la valorización que se produce, tanto en las viviendas intervenidas como en las de las zonas linderas, por efecto de las intervenciones urbanas.

Resulta difícil evaluar la participación que, en el incremento del valor de las viviendas beneficiadas, tiene por sí mismo el subcomponente de abastecimiento de agua potable. Así, la evaluación se hará para el conjunto de los subcomponentes del “Componente de urbanización integrada” del Proyecto de mejora integral del hábitat de Molino Blanco. Tras la evaluación de los costos y los beneficios de las acciones del componente obtendremos, a partir de la confrontación de los mismos, los indicadores de rentabilidad: la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto (ver el cuadro 2).

**TIR:** Tasa de descuento que iguala el valor actual de los gastos con el valor futuro de los ingresos previstos. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte (en nuestro caso, el 12% que marca el BID). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

**VAN:** Proporciona una valoración financiera en el momento actual de los flujos de caja netos proporcionados por la inversión. Se utiliza para la valoración de inversiones en activos fijos. Las inversiones realizables serán aquellas que nos proporcionen un valor actual neto positivo. Tomaremos siempre como mejor inversión la que mayor valor actual neto provoque.

**Precio de cuenta:** También precio sombra. es el precio de referencia que tendría un bien en condiciones de competencia perfecta, incluyendo los costos sociales además de los privados. Representa el costo de oportunidad de producir o consumir un bien o servicio. Un bien o servicio puede no tener un precio de mercado, sin embargo siempre es posible asignarle un precio sombra, que permite hacer un análisis de costo-beneficio y cálculos de programación lineal.

**Cuadro 2**



Los beneficios se estiman con los estudios de tasación hechos para Rosario Hábitat. Los costos de inversión serán los de las distintas intervenciones urbanas (considerados a precios de cuenta), mientras que los recurrentes serán los de mantenimiento generados por la intervención (estimados con datos de la Municipalidad de Rosario).

Los indicadores de rentabilidad se calculan para una vida económica de la inversión de 20 años y unas tasas de interés de descuento del 12 %, datos que ofrece el BID.

#### **Beneficios:**

| <b>Valorización del metro cuadrado (m²)</b> |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Viviendas mejoradas                         | 349    |
| Viviendas ampliadas                         | 394    |
| Valorización entorno                        | 136    |
| Viviendas trasladadas                       | 548    |
| <b>Áreas cubiertas (m²)</b>                 |        |
| Viviendas mejoradas                         | 22.480 |
| Viviendas ampliadas                         | 12.606 |
| Viviendas linderas                          | 82.315 |
| Viviendas trasladadas                       | 4.800  |
| <b>Beneficios totales (\$AR) 26.637.524</b> |        |

#### **Costos de inversión**

| <b>Ítem</b>                               | <b>Costo (\$AR)</b> | <b>Costo a precios de cuenta (\$AR)</b> |
|-------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| Costo total de las intervenciones urbanas | 20.153.770          | 14.586.348                              |

#### **Costos recurrentes**

| <b>Ítem</b>                      | <b>Costo mantenimiento anual (\$AR)</b> | <b>Factor de corrección</b> | <b>Costo mantenimiento anual a precios de cuenta (\$AR)</b> |
|----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Alumbrado                        | 4.734                                   | 0,769                       | 3.640                                                       |
| Recolección                      | 7.101                                   | 0,845                       | 9.077                                                       |
| Barrido                          | 13.490                                  | 0,882                       | 19.904                                                      |
| Mantenimiento vías               | 74.560                                  | 0,577                       | 54.506                                                      |
| <b>Costo total mantenimiento</b> | <b>99.885</b>                           |                             | <b>87.126</b>                                               |

### Rentabilidad

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) | 19,76%    |
| VALOR ACTUAL NETO (VAN)       | 7.547.466 |

Estos resultados ratifican la viabilidad económica, ya que el VAN de la inversión es positivo (la inversión es realizable) y la TIR es superior al 12% (se obtiene una tasa de rendimiento mayor que la que exige el BID).

### III.7.9. VIABILIDAD FINANCIERA: BENEFICIO EMPRESARIAL.

Para que la intervención sea viable, debemos también estar seguros de que la empresa prestataria del servicio de agua obtiene un beneficio empresarial, dado que si no será difícil contar con su interés y compromiso. Para ello se evalúa la rentabilidad que la misma obtendrá, evaluando los costes y los gastos.

#### Costes para la empresa:

- La empresa recibirá las obras sin hacer ningún desembolso.
- La empresa no tendrá gastos por tener que inyectar más volumen de agua en la red, ya que suponemos que, con la intervención, no se producirán incrementos en el volumen de agua que entra en Molino Blanco. Esta suposición parte del hecho de que la práctica totalidad de los lotes están actualmente conectados clandestinamente a la red. Podría producirse un incremento del consumo derivado del incremento de las presiones y de un mejor acceso de los usuarios al servicio, pero este efecto se vería compensado por la disminución en las pérdidas que se dan actualmente, así como por el mejor uso que los usuarios deberían hacer del servicio.
- La empresa sí deberá hacerse cargo de los costes de mantenimiento y explotación de la infraestructura, que podemos estimar, para ser conservadores, en un coste anual de un 4% del coste de construcción de la misma.

En definitiva, podemos estimar que el compromiso con el subcomponente le supondría a la empresa un gasto anual de 22217 \$AR, derivado exclusivamente del mantenimiento y explotación de la infraestructura.

#### Beneficios para la empresa:

Consideramos que los beneficios para la empresa serán exclusivamente los derivados del cobro del servicio a los nuevos usuarios en Molino Blanco.

Para estimar los pagos que, por el servicio, harán las familias conectadas, disponemos de los datos de la intervención del Programa Rosario Hábitat en el asentamiento de Las Flores, de características socio-económicas similares a las de Molino Blanco. Por distintas



consideraciones y para ser conservadores, consideraremos que el consumo en Molino Blanco será un 15% menor, quedando en 18,17 \$AR bimensuales (109,02 \$AR anuales).

Por otro lado, por el convenio que la empresa ha contraído con Rosario Hábitat para todos los proyectos, los usuarios sólo pagarán un 20% de la factura durante los primeros 24 bimestres, debiéndose hacer cargo del resto la propia empresa.

Un aspecto fundamental y difícil de estimar, por la falta de datos, es el del porcentaje de impagos que se pueden esperar. Consideraremos en nuestra evaluación, para ser de nuevo conservadores, que este porcentaje ascendería al 50% de los nuevos usuarios.

Con los mismos supuestos empleados para el cálculo de la viabilidad económica obtenemos:

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) | 17,47% |
| VALOR ACTUAL NETO (VAN)       | 19.307 |

Estos resultados ratifican que, aún con el convenio y suponiendo un elevado porcentaje de impagos, la inversión para la empresa sería rentable, ya que el VAN de la inversión es positivo y la TIR es superior al 12%.

III.7.10. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

La sostenibilidad a largo plazo de los efectos positivos del subcomponente está fuertemente condicionada a que los beneficiarios puedan pagar por el servicio.

Para evaluar la sostenibilidad económica debemos estimar la capacidad de pago de los usuarios. A falta de estudios o encuestas fiables, resulta razonable estimar que un 25% de los hogares beneficiarios pertenece al primer decil de la escala de ingresos de Rosario, mientras que un 75% pertenecería al segundo decil.

| Número de decil | Ingreso medio mensual (en \$AR) |
|-----------------|---------------------------------|
| 1               | 265                             |
| 2               | 473                             |

Fuente: INDEC

Para estimar los gastos añadidos a los que tendrán que hacer frente las familias por los nuevos bienes y servicios a los que accederán una vez concluido el Proyecto de mejora de Molino Blanco, tomamos de nuevo como referencia los datos de los que disponemos para el Proyecto de Las Flores:



**Gastos recurrentes medios de los hogares del asentamiento Las Flores.**

| Finalidad del gasto   | Gasto mensual estimado (en \$AR) |
|-----------------------|----------------------------------|
| Electricidad          | 30,72                            |
| Agua potable          | 10,68                            |
| Tasas municipales     | 6,195                            |
| Impuesto inmobiliario | 3,74                             |
| <b>TOTAL</b>          | <b>51,33</b>                     |

Fuente: Elaboración propia con datos del SPV.

Comparando estos gastos totales con los ingresos, obtendríamos que:

- La media comprometería el 13% de sus ingresos en el pago de los nuevos servicios.
- Las familias del primer decil de ingresos (el 25%) comprometería el 19,4%.
- Las familias del segundo decil (el 75%) comprometería el 10,8%.

A fin de conocer si este esfuerzo económico que deberán hacer las familias sería excesivo, lo podemos comparar con el que realizan familias de Rosario con los mismos ingresos que disponen de estos servicios:

***Gasto de consumo de hogares según deciles de los aglomerados urbanos de la región pampeana.***

| Finalidad del gasto                  | Porcentaje respecto al ingreso |          |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------|
|                                      | 1er decil                      | 2° decil |
| Servicios e impuestos de la vivienda | 13.97%                         | 12.11%   |

Fuente: Encuesta Permanente de Hogares. INDEC.

Según los datos, las familias del segundo decil de ingresos dedicarían un porcentaje de ingresos por los servicios e impuestos de la vivienda ligeramente inferior al que dedica un hogar medio en su situación económica. En cambio, las familias del primer decil deberían hacer un esfuerzo sensiblemente mayor al que realiza en una familia media de ingresos similares (19,4% de los ingresos frente al 14%), lo que podría comprometer la sostenibilidad de la intervención para estos casos. Por ello, se resalta la importancia de las acciones de educación, sensibilización y capacitación para poder disminuir los consumos. También la importancia que, para la sostenibilidad del subcomponente de agua potable, tendría el componente de generación de trabajo e ingresos del Proyecto Molino Blanco.



### **III.8. CONCLUSIONES**

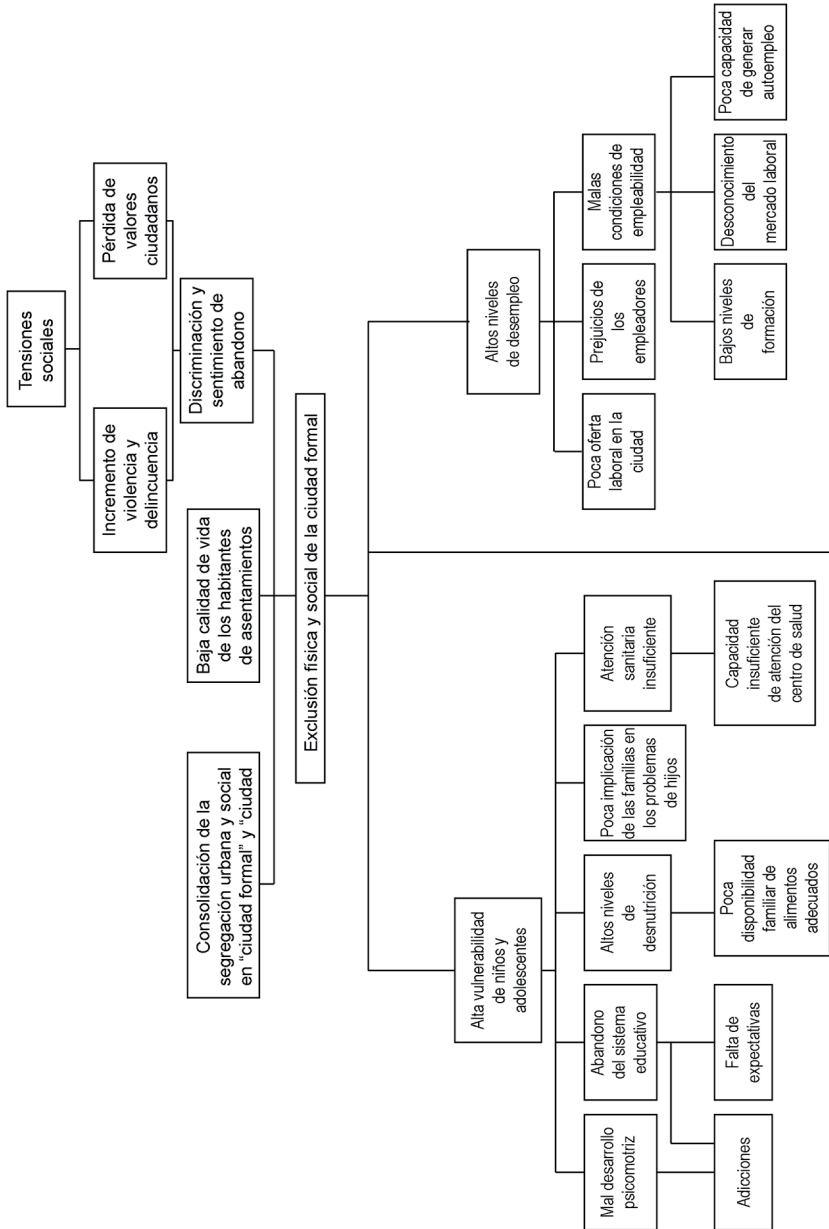
El trabajo pretende hacer ver cómo no se puede pensar en una solución estrictamente técnica para resolver un problema como el de la carencia de un servicio básico en un contexto tan complejo: sólo una propuesta integrada que parta de un análisis riguroso de las problemáticas, que combine la construcción de la infraestructura con intervenciones sociales y que considere todos los aspectos socioculturales, institucionales, económicos... puede ser viable en un contexto como el que nos ocupa.

La intervención que se define en el trabajo no puede ser entendida solamente desde la perspectiva de la intervención urbana ya que, en último término, apunta a la integración efectiva en la ciudad de ciudadanos excluidos y, así, a la promoción de las oportunidades y el desarrollo humano sostenible. Se debe añadir también que, junto al enfoque de capacidades, la intervención trata de incorporar los principios de los enfoques participativo y de derechos. Por un lado, porque la participación es considerada no sólo como instrumento de legitimación o de mejora de la eficacia de la intervención, sino como elemento movilizador para la apropiación del hábitat por parte de los beneficiarios, para el estrechamiento de los vínculos comunitarios y para el empoderamiento de la comunidad. Por otro, porque, desde un enfoque de derechos, la intervención promueve, a través del acceso regularizado al agua potable, el derecho en pie de igualdad con el resto de ciudadanos a los servicios urbanos básicos, a un hábitat digno y, en fin, a la plena ciudadanía.



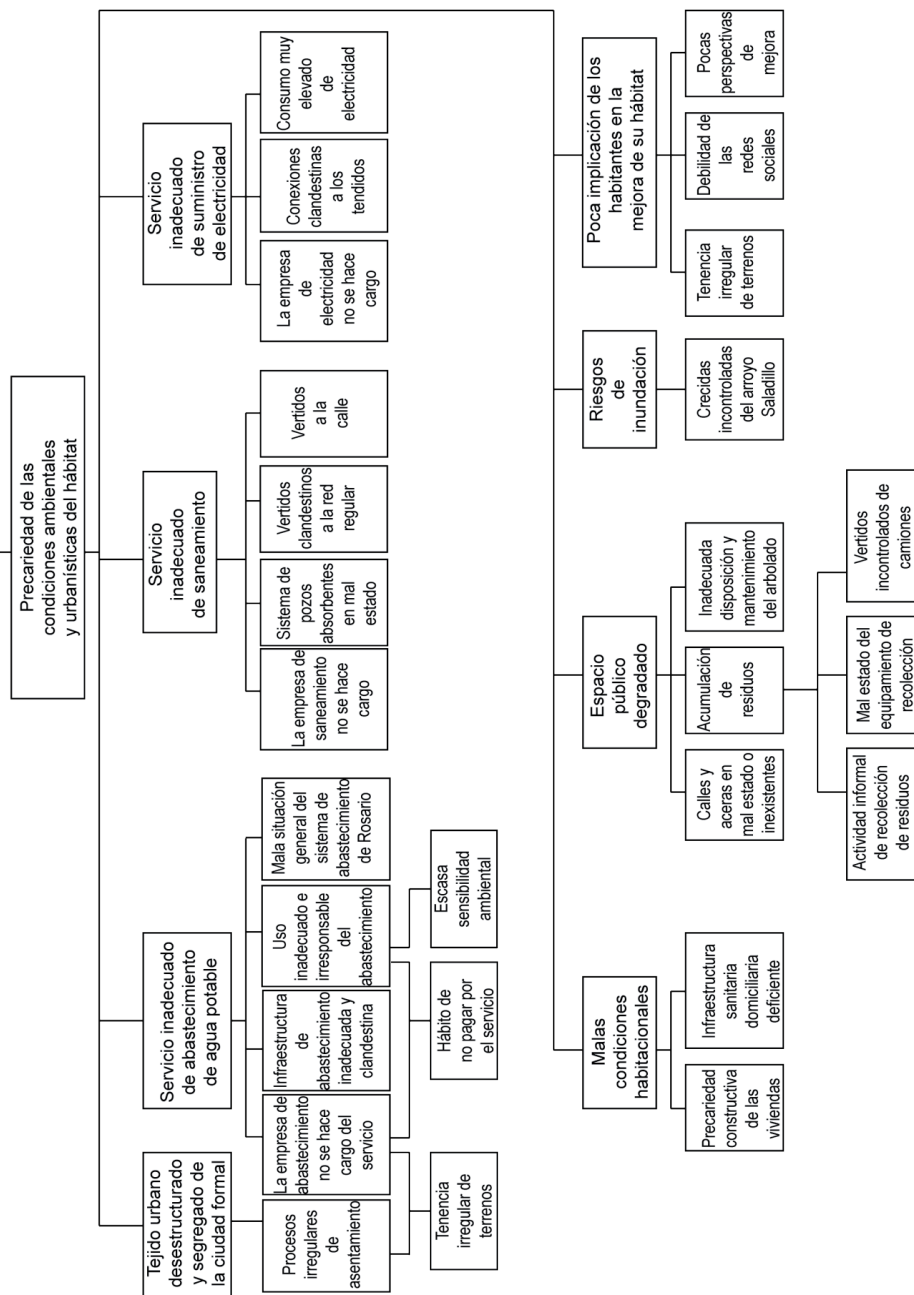
### III.9. ANEJO 1: ÁRBOLES DE PROBLEMAS, OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS

#### III.9.1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

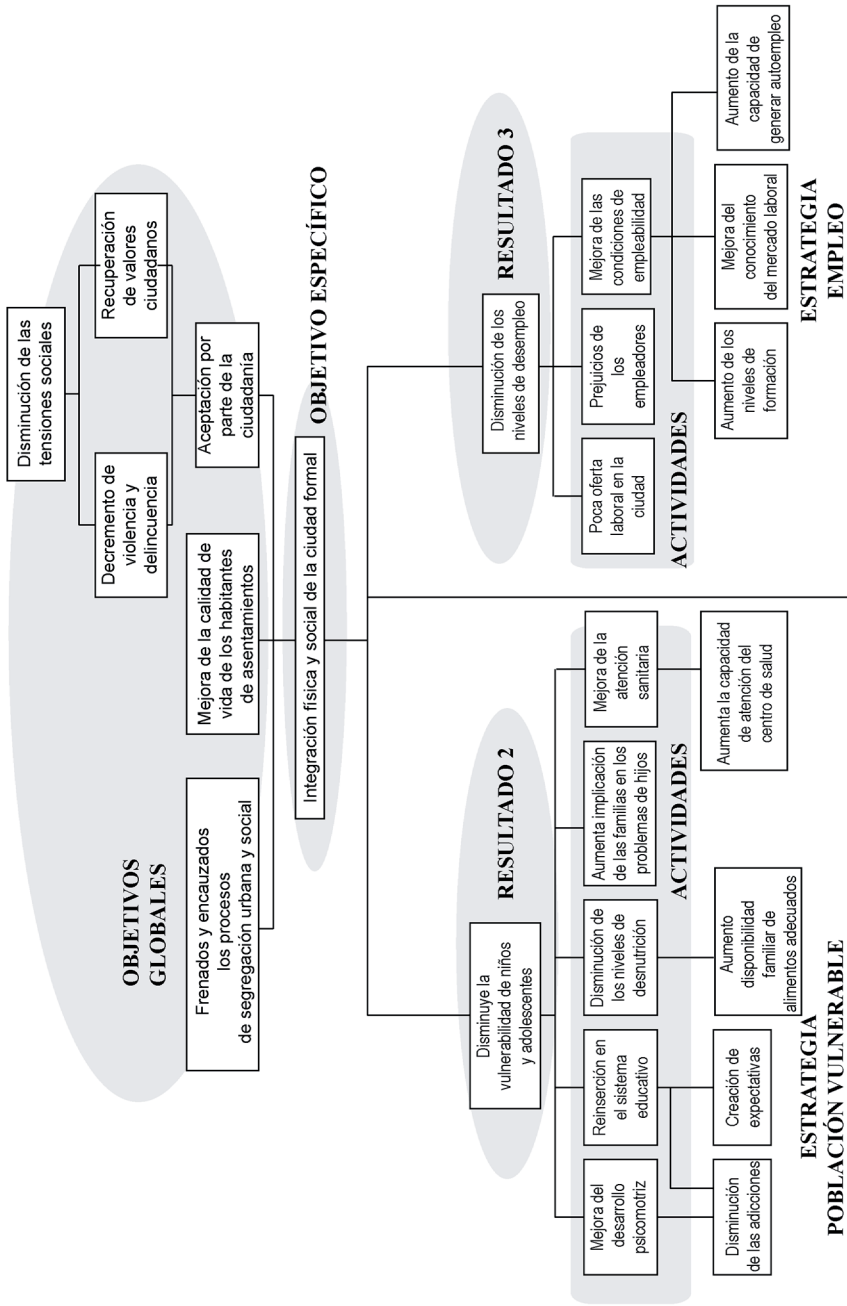




### III.9.1.2. ÁRBOL DE PROBLEMAS (CONTINUACIÓN)

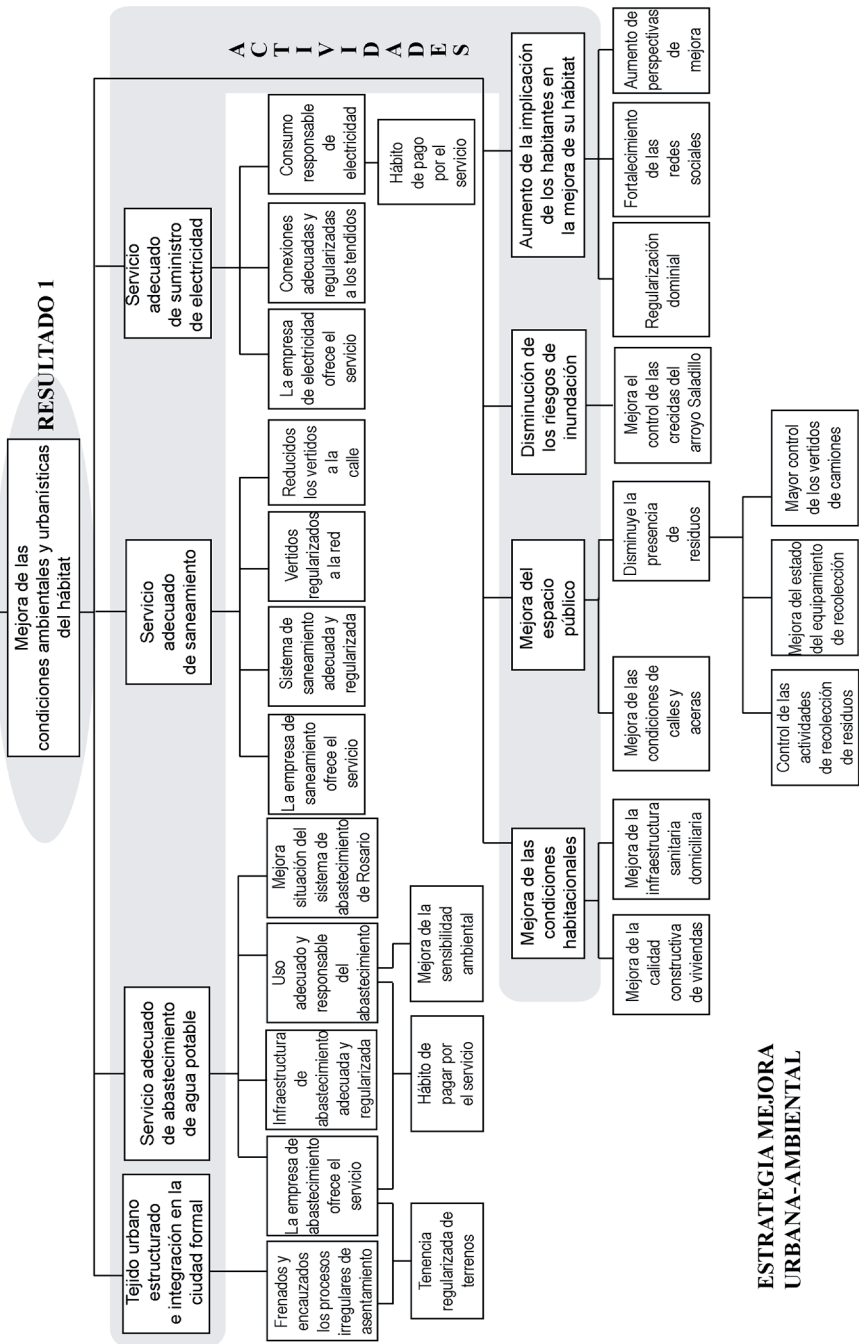


III.9.2.1. ÁRBOL DE OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS





III.9.2.2. ÁRBOL DE OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS (CONTINUACIÓN)



**III.10. ANEJO 2: CUADRO LÓGICO DEL SUBCOMPONENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO DE MEJORA INTEGRAL DEL HÁBITAT DE MOLINO BLANCO**

| INDICADORES                                                                                                                                 | FUENTES DE VERIFICACIÓN                                                  | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OBJETIVO GENERAL</b>                                                                                                                     |                                                                          |                                                                                                                                                                                                      |
| Mejoradas las condiciones urbanas y ambientales del asentamiento Irregular Molino Blanco y recompuestas las situaciones de fractura urbana. | Encuesta e informe de la Unidad Evaluadora Externa                       | Se mantienen y cumplen los compromisos de las administraciones y las empresas involucradas en el Proyecto Molino Blanco.<br><br>Los beneficiarios pagan las tarifas de los nuevos servicios.         |
| <b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>                                                                                                                  |                                                                          |                                                                                                                                                                                                      |
| Garantizada la provisión regularizada del servicio de abastecimiento de agua potable en Molino Blanco.                                      | Informe de la Unidad Evaluadora Externa                                  | Se verifica el cumplimiento de los objetivos específicos de todos los subcomponentes del componente de Urbanización integrada del Proyecto Molino Blanco                                             |
| <b>RESULTADOS</b>                                                                                                                           |                                                                          |                                                                                                                                                                                                      |
| R1.- Comprometida la empresa prestataria del servicio de agua potable a ofrecer el servicio de abastecimiento de agua potable               | Documento revisado por la Unidad Evaluadora Externa                      | La empresa prestataria del servicio de agua potable cumple los planes de inversiones previstos en Rosario para las nuevas infraestructuras necesarias para dar un servicio adecuado a Molino Blanco. |
| R2.- Construidas y entregadas a la empresa prestataria las obras de infraestructura para su puesta en funcionamiento.                       | Acta de transferencia de la infraestructura                              | La empresa opera y mantiene adecuadamente la infraestructura                                                                                                                                         |
| R4.- Usuarios sensibilizados y formados para el uso correcto y responsable del servicio.                                                    | Memorias de los talleres.<br><br>Informe de la Unidad Evaluadora Externa | Los beneficiarios pueden hacerse cargo de las tarifas.                                                                                                                                               |



| ACTIVIDADES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Costes                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1.1.- Realizar Informe Técnico del Convenio con la empresa prestataria para el abastecimiento de agua potable a Molino Blanco.<br>A1.2.- Presentar el convenio.<br>A1.3.- Modificar el convenio (si se requiere).<br>A1.4.- Firmar el convenio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Recursos propios de Rosario Hábitat</b><br>-Personal del SPV:<br>Área administrativa:<br>un contador, tres administrativos.<br>Área técnica: Dos ingenieros civiles, un inspector de obra.<br>Área de monitoreo: un arquitecto, dos contadores.                                                                                                                                                                                                                          | <b>Costes de los recursos propios de Rosario Hábitat</b><br>Son gastos indirectos del Programa Rosario Hábitat y no se asumen por el subcomponente.<br><br>Los costes del personal y del uso de las instalaciones del Proyecto Molino Blanco son gastos indirectos del Proyecto y no se asumen por el subcomponente. | Se da una adecuada coordinación entre las áreas técnica y administrativa del SPV, el equipo del Proyecto Molino Blanco y la Comisión Mixta de Evaluación y Seguimiento.<br><br>Los beneficiarios de mantienen informados de los avances en todo momento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| A2.1.- Obtener la factibilidad de prestación de servicio de agua potable.<br>A2.2.- Elaborar el proyecto de aguas<br>A2.4.- Aprobar y firmar el proyecto de aguas.<br>A2.4.- Elaborar y abrir la licitación para la Urbanización integrada<br>A2.5.- Evaluar, con la participación de los vecinos, las ofertas presentadas.<br>A2.6.- Adjudicar la obra<br>A2.7.- Aprobar el Plan de Trabajo<br>A2.8.- Firmar el contrato<br>A2.9.- Recibir del adjudicatario las obras terminadas<br>A2.10.- Entregar la obra a la empresa prestataria del servicio de agua potable para su puesta en servicio. | Equipo del Proyecto Molino Blanco: Doce profesionales de distintas disciplinas técnicas y sociales.<br>-Instalaciones de la sede central del SPV: medios técnicos e informáticos.<br><br>-Instalaciones del local del Proyecto Molino Blanco en el asentamiento: aulas, material didáctico.<br><br><b>Recursos para la partida de red de agua potable de la licitación</b><br><br>Personal, maquinaria, materiales y suministros para la construcción de la infraestructura | Costes de los recursos para la partida de red agua potable de la licitación<br>555415,46<br>(1 euro » 4 \$AR)                                                                                                                                                                                                        | Se han aprobado a tiempo los proyectos para las obras de saneamiento, red eléctrica, estabilizado de calles, veredas, protección ambiental, arbolado y alumbrado público, para poder elaborar y abrir la licitación conjunta.<br><br>Se realiza la mudanza de las familias afectadas por el loteo, la limpieza de los terrenos liberados y la apertura de las nuevas calles.<br><br>Se ejecutan adecuadamente, en los lotes sin instalación sanitaria adecuada, los núcleos sanitarios.<br><br>El contratista cumple los términos del contrato en tiempo y forma. |
| A3.1.- Realizar taller socio-ambiental.<br>A3.2.- Realizar taller sobre consumo, tarifas y uso responsable del agua potable.<br>A3.3.- Realizar el acompañamiento social antes, durante y después de las obras.<br>Nota: Las actividades en cursiva son conjuntas con otros subcomponentes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Se han firmado las escrituras de propiedad a tiempo para que la empresa pueda dar de alta a los beneficiarios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Condiciones previas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |







## CASO PRÁCTICO 4.

### PROYECTO DE APOYO A LA CONSERVACIÓN PERIÓDICA DE CARRETERAS EN LA REPÚBLICA DE BENIN

ANTONIO JOSÉ TORRES MARTÍNEZ

#### IV.1. INTRODUCCIÓN

El presente caso práctico aborda un proyecto de conservación periódica de carreteras en la República del Benin. Se trata de obras en las carreteras Bohicon-Dassa-Savé-Parakou, Dassa-Savalou y Porto Novo-Igolo, con una longitud total de 493 km. Este proyecto fue aprobado por el 8 ° FED (Fondo Europeo de Desarrollo de la Comisión Europea) en el año 2000, y ejecutado a partir de entonces. Para apreciar adecuadamente la importancia de este tipo de proyectos es necesario reflexionar sobre el papel del sector del transporte en el desarrollo, y sobre el rol del transporte por carretera en el sistema de transportes de los países en vías de desarrollo (PVD).

El transporte es un sector de importancia especial en la cooperación al desarrollo. Las razones son las siguientes:

- Al constituir un sistema de conexión, es el soporte de las actividades ligadas al desarrollo socio-económico. Se admite comúnmente que las infraestructuras de transporte son condición necesaria para el desarrollo, aunque no suficiente. En la lucha contra la pobreza son elemento clave, puesto que el coste de transporte está presente en todo proceso productivo.
- Es muy importante su contribución al PIB, su generación de empleo, su peso en la inversión y el gasto de las administraciones públicas, en el gastos de las familias, etc.
- Genera cuantiosos recursos fiscales para las haciendas públicas, muchas de las cuales en los PVD tienen escasez endémica de ingresos.
- La inversión pública en infraestructuras de transporte permite aumentar la demanda agregada de la economía, lo cual puede ser un instrumento de estímulo poderoso en los PVD.
- Los efectos externos generados son de primera magnitud (impactos ambientales, accidentes, congestión, consumo de energías no renovables, etc). Algunos de ellos, como la accidentalidad, son comparativamente mucho más graves en los PVD que en el resto de países.

En el último decenio casi el 30 % de la ayuda oficial al desarrollo concedida a los países de África Subsahariana se ha destinado a este sector. Dentro del mismo, los proyectos y programas de transporte por carretera ocupan un lugar primordial, con más del 90 % de los recursos de la ayuda oficial al sector. La financiación se dirige en prioridad, desde los inicios de los ajustes estructurales del sector (1986-1990) a:



- Los proyectos de reconstrucción y rehabilitación de carreteras.
- Los programas de apoyo sectorial a las infraestructuras de carreteras.
- Los proyectos de nueva construcción.
- Los proyectos de acondicionamiento.
- Los programas de apoyo a la conservación.
- La asistencia técnica al sector (refuerzo, reforma sectorial, planificación, gestión, etc.)

La problemática en la que se insertan estas intervenciones en proyectos y programas procede fundamentalmente de la elevada degradación de los firmes de las carreteras. El mal estado de los firmes en los PVD tiene como consecuencias principales:

- El aumento exponencial de los costes de funcionamiento de los vehículos, que trae consigo la ineficiencia económica del sistema de transporte por carretera.
- El aumento de los costes de inversión a causa de la pérdida del capital infraestructural; se reconstruyen más carreteras de las que serían necesarias en caso de existir una conservación adecuada.
- El incremento de los índices de accidentes que, según las pocas estadísticas disponibles en los países de África Subsahariana, son los más elevados del mundo.

El caso práctico que aquí se aborda es el de un proyecto de apoyo a la conservación periódica de firmes, con actuaciones que van desde la rehabilitación total de las carreteras hasta operaciones mucho más económicas, como la renovación superficial de los firmes. La carretera más larga e importante del proyecto (Bohicon-Dassa-Savé-Parakou) forma parte del eje norte-sur internacional que comunica Benin con las Repúblicas vecinas del norte, Níger y Burkina Faso. Este eje es, por otra parte, el eje viario fundamental del país (Ver Figura nº 1)

## **IV.2. CONTEXTO**

### **Características sectoriales**

La República de Benin es territorio de paso para los tráficos internacionales entre Nigeria y los otros países costeros de África del Oeste, así como hacia los países sahelianos del norte (Níger y Burkina Faso). A esta situación estratégica hay que añadir el importante papel que tradicionalmente desempeñan los intercambios comerciales en este país (antiguo Reino y República de Dahomey). El transporte es, por lo tanto, un sector esencial en su desarrollo socio-económico.

El Gobierno de Benin reconoce la prioridad de conservar en buen estado los ejes de carreteras principales del país. Por este motivo ha aprobado ya dos Planes Sectoriales del Transporte (PST) en concertación con los organismos donadores. Este proyecto se insertaba dentro del 1º PST, y fue financiado por la ayuda de la CE (8º FED).



Los objetivos de la política sectorial relativos a este proyecto se desarrollan más adelante (Capítulo 4).

La carretera Bohicon-Dassa-Savè-Parakou es una sección del eje principal nacional norte – sur (Figura nº 2), mientras que la carretera Porto Novo-Igolo es una corta sección de conexión de la segunda ciudad del país con Nigeria, y Dassa-Savalou tiene una misión de transporte rural y segunda conexión viaria con la República de Togo.

El proyecto cubre un área de influencia considerable, que incluye los Departamentos de Ouémé, Zou y Borgou, que están entre los más importantes del país en cuanto a su producción agrícola. Estas carreteras comunican zonas con tráficos internacionales de consideración para productos como algodón, combustible, vehículos, inputs agrícolas, etc.

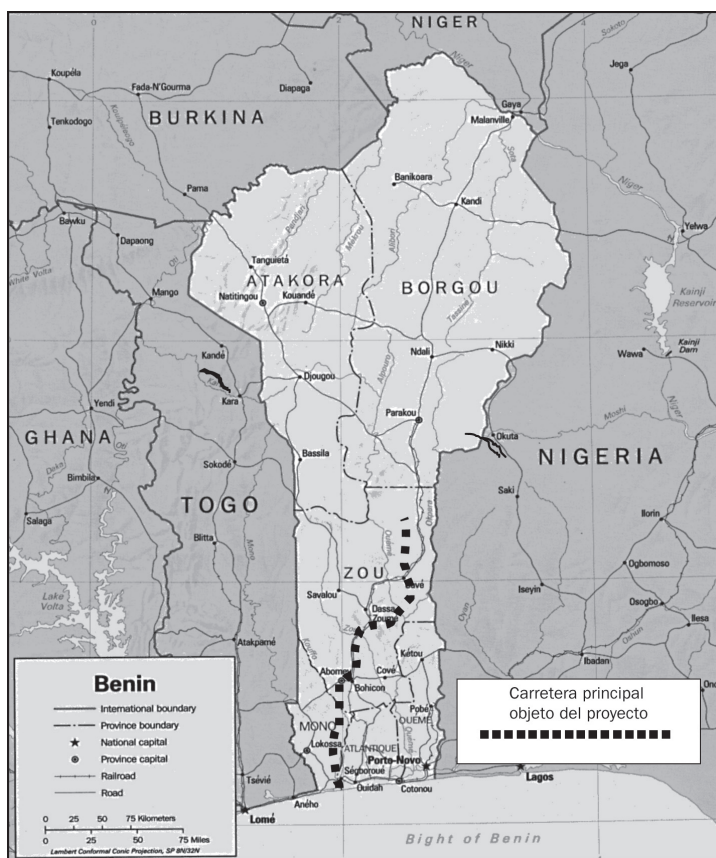


Figura nº 1. Mapa de la República de Benin. Localización de la carretera principal objeto del proyecto (Bohicon-Dassa-Savè-Parakou).

### Problemática a resolver

La problemática general enunciada en el primer apartado se concreta aquí claramente, puesto que los tramos objeto de proyecto tienen unos firmes en general bastante deteriorados, altos índices de accidentes, y un coste de funcionamiento de los vehículos por kilómetro recorrido excesivo. Así, la comercialización de los productos que transitan por estas vías soporta un sobrecoste de transporte que hace aumentar sus precios en los mercados, erosiona la competitividad de la economía nacional y frena los intercambios internacionales.

Estos problemas son soportados por los usuarios de la carretera, principalmente los operadores económicos del sub-sector del transporte de mercancías, que son los mayores beneficiarios del proyecto.

### IV.3. INTERVENCIÓN

La lógica de la intervención se sintetiza en la metodología del enfoque del marco lógico del proyecto, que se adjunta en la Tabla nº 1 adjunta al final de este caso práctico.

#### Objetivo global

El objetivo global del proyecto consiste en lograr una red principal de carreteras pavimentadas en buen estado, que permita la reducción de los costes de explotación de vehículos y estimule así los intercambios comerciales nacionales e internacionales.



*Figura nº 2. Carretera Bohicon-Dassa-Savé-Parakou. Tramo Dassa – Savé. Firme que debe ser reforzado mediante el reciclado de la base y la sub-base actuales y la puesta en obra de una capa de mezcla bituminosa de espesor variable.*



### Objetivo específico

El objetivo específico del proyecto consiste en asegurar la conservación de las inversiones existentes, que están amenazadas de rápida degradación.

### Resultados

Se espera que el proyecto alcance los resultados siguientes:

- a. Obras de conservación periódica realizadas (refuerzo de firmes en su mayor parte, renovación superficial en el resto de los tramos), sobre 493 kilómetros de carreteras pavimentadas de 2 carriles.
- b. Mejora de las características de la oferta en estas carreteras: velocidad, coste de explotación de vehículos para mercancías y viajeros, comodidad, etc.
- c. Mejora de la seguridad vial en estas carreteras.

### Actividades

Las actividades previstas para alcanzar los resultados anteriores son:

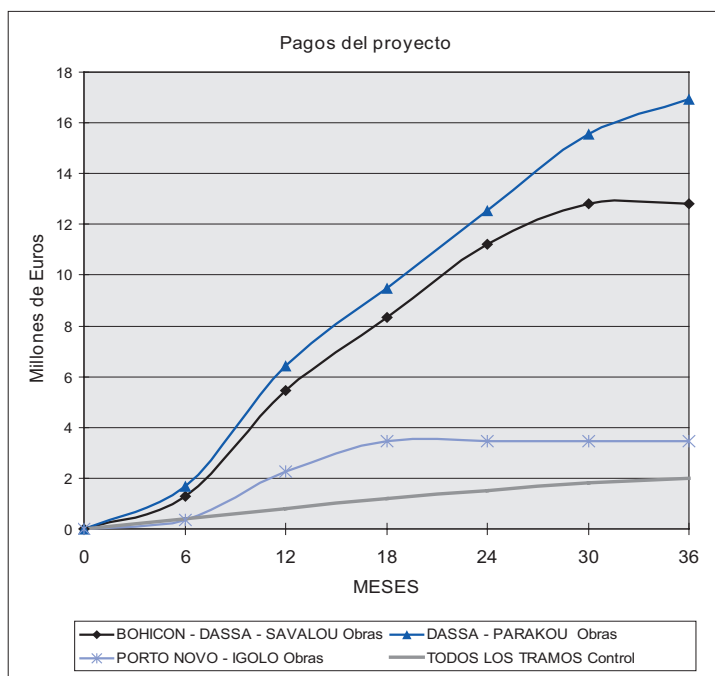
- a. Obras de refuerzo de firmes:
  - reciclado y ensanche de la explanada
  - mejora de las capas de base y sub-base mediante estabilización con cemento
  - renovación de pavimentos, sea en mezclas asfálticas o tratamientos superficiales
  - reconstrucción, ensanche y pavimento de los arcenes
  - acondicionamiento del trazado en planta y alzado de ciertas secciones
- b. Estructuras: acondicionamiento de las estructuras, obras de paso y drenaje.
- c. Seguridad vial: señalización vertical y horizontal en los 493 km del proyecto.

### Implementación

Tras la realización de los correspondientes proyectos constructivos, se pretendía licitar internacionalmente las obras por un valor estimado de 33.242.000 €. El control y vigilancia de las obras era también objeto de licitación internacional, por un importe estimado de 1.995.000 €. Por último, se reservaban 2.183.000 € a título de imprevistos, y 80.000 € para evaluar el proyecto a su término.

Los presupuestos parciales de cada tramo y los calendarios de desembolsos estimados aparecen en el Gráfico adjunto:





#### IV.4. FACTORES DE VIABILIDAD

En esta intervención, como en muchos otros proyectos de carreteras en la cooperación al desarrollo, los factores de viabilidad más importantes son los siguientes:

##### Las políticas de apoyo. El apoyo a la conservación vial

Se trata, sin lugar a dudas, del aspecto clave de la ayuda al sub-sector del transporte por carretera en su elemento infraestructural. De hecho, el riesgo principal identificado en este proyecto era la implementación efectiva por parte del gobierno de la estrategia de reforma de la conservación vial. En efecto, para que una intervención como ésta sea sostenible es preciso garantizar su adecuada conservación por parte del estado después del final de las obras. Frente a los problemas de degradación general de los firmes expuestos en la introducción, las políticas formuladas por la ayuda oficial al desarrollo (AOD) desde finales de los años 90 han perseguido una mayor racionalidad económica en las decisiones de inversión, priorizando sistemáticamente la conservación de las infraestructuras existentes. Estas políticas, encabezadas por el Banco Mundial (BM), se han insertado desde entonces en los programas macroeconómicos de ajuste estructural. El *Sub-Saharan África Transport Policy Program* (SSATP), lanzado en 1987 por el BM y la UNECA (United Nations Economic Commission for África), con el objetivo de facilitar el desarrollo de políticas y capacidades en el sector conduciendo así a un sistema de transporte seguro, eficiente y dirigido a



la lucha contra la pobreza, incluye entre sus cuatro componentes la *Road Maintenance Initiative* (RMI). La aplicación de sus recomendaciones entra de lleno en esta intervención.

Los objetivos esenciales del programa nacional del Benin de apoyo a la conservación vial (incluido en el 1º PST 1997-2005) eran:

- Llevar a cabo las obras de conservación de la red principal, escogiendo los tramos con rentabilidad económica demostrada, por medio de un programa plurianual de conservación periódica (refuerzos y renovaciones superficiales) y ordinaria.
- El incremento de los recursos financieros para la conservación por medio del aumento de la contribución de los usuarios de las carreteras (tasas especiales, peajes, etc.)
- La retirada de la administración de la realización física de las obras de conservación y el refuerzo de su capacidad de gestión de la conservación efectuada por el sector privado.

Una de las reformas básicas propuestas se refiere a la financiación de la conservación. Para ello, la RMI recomendaba la creación de Fondos de Carreteras. En Benin, en la época de esta intervención se había creado ya un Fondo de Carreteras en 1996 (*Fonds Routier*, con los estatutos aprobados por el Decreto nº 96-373 de 29.08.1996, en adelante *FR*). Se trata de un Fondo de Carreteras de segunda generación. Estos fondos están financiados, entre otros conceptos, por tasas sobre los combustibles; y están gestionados por consejos de administración con representación de los usuarios de las carreteras. En el caso de Benin, el *FR* financiaba los programas de mantenimiento a cargo del estado, ciertos estudios relacionados con éstos y gestionaba los convenios de concesión de los peajes y estaciones de pesaje en la red nacional (ver Figura nº 3).

En 2003-2004, este fondo había llegado a financiar el 35 % de las necesidades totales de conservación de la red viaria nacional.



Figura nº 3. Estación de peaje y pesaje de Diho (Savé).



Durante la preparación del proyecto (1999), la ejecución del presupuesto del Fondo era la siguiente.

Resumen de ingresos (en miles de Francos CFA; 1 € = 655,9 Francos CFA).

| Ingresos anuales (miles FCFA)                                |                  |
|--------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Recursos del Estado:</b>                                  |                  |
| Tasas de circulación                                         | 70.000           |
| Tasas sobre hidrocarburos                                    | 773.000          |
| Tasas sobre el IVA percibida en aduanas y tasa de red viaria | 1.150.000        |
| Retrasos de pagos de años anteriores                         | 747.000          |
| <b>Recursos propios del Fondo:</b>                           |                  |
| Tasas de peaje                                               | 352.000          |
| Tasas de pesaje                                              | 12.000           |
| Subvención del Estado                                        | 745.000          |
| <b>Otros ingresos</b>                                        | 31.000           |
| <b>TOTAL</b>                                                 | <b>3.880.000</b> |

Resumen de gastos :

| Gastos anuales (miles FCFA)                    |                  |
|------------------------------------------------|------------------|
| <b>Obras de conservación vial:</b>             |                  |
| Por licitación                                 | 2.186.269        |
| Por administración                             | 1.103.016        |
| <b>Dirección de Carreteras del Ministerio:</b> |                  |
| Funcionamiento                                 | 102.880          |
| Estudios y supervisión de obras                | 47.400           |
| Equipos                                        | 34.220           |
| <b>Fondo de Carreteras :</b>                   |                  |
| Funcionamiento del Fondo                       | 305.714          |
| Equipos                                        | 15.000           |
| <b>Otros gastos :</b>                          | 85.500           |
| <b>TOTAL</b>                                   | <b>3.880.000</b> |

El importe global de 5,92 millones de euros para todo el país, frente al presupuesto de este proyecto (37,5 millones de €) da idea de la escasez del Fondo. Llamam también la atención



la importancia de los retrasos de pagos del estado y las insignificantes tasas cobradas por pesar camiones. En este sentido, es preciso poner de manifiesto el grave problema de las sobrecargas por eje de los vehículos pesados, que afecta notablemente a la viabilidad de este proyecto.

Desde un punto de vista técnico, las sobrecargas por eje de los camiones (en general consideramos que un eje simple está en sobrecarga si supera las 12 toneladas) deben ser eliminadas, puesto que la degradación de un firme aumenta de forma exponencial con el valor de la carga vertical por eje que le es aplicada. En el caso de los firmes de este proyecto, una carga de 16 toneladas por eje simple produciría una degradación aproximadamente 4,2 veces superior a la de una carga de 12 toneladas (legal en Benin). Por lo tanto, para reducir los gastos de conservación de firmes y aumentar la vida útil de las carreteras es fundamental limitar estas sobrecargas a los valores legalmente admitidos. Las operaciones de pesaje deberían ser mucho más numerosas, puesto que muchos camiones van sobrecargados. En efecto, los datos de la estación de Diho (Figura nº 3) demostraban que la agresividad del tráfico sobre el firme era un 48 % mayor que la resultante del respecto de las cargas máximas legales de 12 toneladas por eje simple.

En realidad el problema es mucho más complejo, puesto que el pesaje es ordenado por los cuerpos policiales, muy mal pagados, que no cumplen con su deber a causa de los ofrecimientos económicos de los transportistas. Sobrecargar los camiones interesa a los transportistas, puesto que el coste por tonelada transportada y por kilómetro disminuye, al transportarse más carga por camión. Al sobrecargar aumentan relativamente poco los costes de amortización (se usan camiones de segunda mano), de mantenimiento (reparaciones baratas), de neumáticos (siempre muy desgastados) y de combustible. Es muy difícil terminar con una situación negativa para la colectividad, pero en la que los actores directamente implicados (policías y transportistas) salen ganando con la misma estrategia. Por eso en este proyecto no aparecen medidas condicionales concretas en este sentido, se rebasaría ampliamente el ámbito del proyecto.

En el resumen de los gastos del *FR*, obsérvese la importancia porcentual de las obras realizadas por administración (que deberían reducirse al mínimo) y de los gastos de funcionamiento (14 % del presupuesto, un valor muy elevado). El gasto en estudio y supervisión es extremadamente escaso (72.250 € anuales para todo el país). Piénsese que este valor no supone ni siquiera el 1,5 % del presupuesto de obras. También es significativo que todo este gasto es de la administración, es decir, no existen estudios ni control ni supervisión de obras realizados por consultorías.

Estas conclusiones determinan dónde debía poner el acento este proyecto en lo relativo al apoyo a las políticas de conservación, y por lo tanto, a la mejora del *FR*. En este proyecto, el gobierno se comprometió en sus “condiciones especiales” a:

- Aumentar la transferencia al sector privado de las tareas de conservación ordinaria, para pasar del 33 % del importe total de las obras en 1997 al 75 % en 2001.
- Favorecer la creación de empresas privadas en este sector.



- Mejorar la calidad de las obras de conservación seleccionando rigurosamente las empresas, implementando programas de formación y gestión, creando una Célula de Apoyo a las Empresas, transformando la *Direction du Matériel des Travaux Publics* en sociedad mixta para facilitar el alquiler de maquinaria (ver Figura nº 4), y sistematizando los controles técnicos y financieros de las obras.
- Aumentar los recursos del *FR* y su porcentaje destinado a obras de conservación ordinaria. El presupuesto de obras deberá sobrepasar los 6 millones de € al final del proyecto (en torno a 2004).
- Aumentar el porcentaje de ejecución del presupuesto de obras de conservación del *FR*, para alcanzar al menos el 85 % en 2004.
- Aumentar el porcentaje de ejecución del presupuesto de obras de conservación del *FR* realizadas por el sector privado, para alcanzar al menos el 75 % en 2004.
- Expandir y mejorar el sistema de peajes y de control de sobrecargas.
- Eliminar progresivamente todas las barreras y controles al tráfico en el país.
- Realizar todos los años varias campañas de aforos de tráfico, encuestas origen-destino en la red de carreteras, pesaje de camiones y medidas del IRI (*internacional roughness index*) de las carreteras.

La transformación de la *Direction du Matériel des Travaux Publics* en sociedad mixta para facilitar el alquiler de maquinaria y la realización progresiva de las obras de conservación ordinaria por parte de la iniciativa privada eran elementos fundamentales en las reformas de la conservación vial y en el apoyo de la CE al sector.



**Figura nº 4. Maquinaria abandonada junto a la carretera a proximidad de Savé.**



Los Programas Sectoriales del Transporte (PST) incorporaban otras reformas. Siguiendo la definición de trabajo de la Comisión Europea (2003), un programa sectorial es el resultado de un proceso de coordinación y consultas entre el gobierno, los agentes presentes en el sector y los organismos de financiación que incluye tres componentes:

- a. Un documento de política sectorial y un marco estratégico global aprobados por el gobierno.
- b. Una programación del gasto público en el sector a medio plazo y unos presupuestos anuales.
- c. Un procedimiento de coordinación entre los organismos financiadores del sector, liderado por el gobierno.

En el caso de Benin, la programación del gasto e inversiones en carreteras existía al prepararse la intervención, y expiraba en 2005. Se había firmado un protocolo de acuerdo entre los organismos donadores presentes en el sector en Benin, en el cual se especificaban las condiciones para la financiación progresiva de la conservación vial por parte del estado y la reforma de la gestión del sector del transporte por carretera. Se precisaban las condiciones a cumplir por el gobierno de Benin para que fueran puestos a su disposición los fondos programados. Estaba en preparación el 2º PST para 2005-2013. La coordinación entre donadores (7 organismos diferentes de la AOD, principalmente el BM, la CE, y las cooperaciones francesa y alemana) en 2003-2004 se consideraba aún insuficiente y el gobierno no la lideraba de forma eficaz.

En cuanto a las modalidades de apoyo de la AOD a los PST, dicho apoyo puede efectuarse según 3 modalidades:

- 1ª Apoyo directo al presupuesto del estado. Puede tener como destino cierta partida presupuestaria (*targeted budget support*) o no.
- 2ª Contribuciones financieras a fondos específicos (en los PST, los fondos de carreteras).
- 3ª Proyectos gestionados mediante los procedimientos específicos del organismo financiador.

En Benin, la gran parte de la financiación de las infraestructuras del transporte se efectuaba por aplicación de la tercera modalidad, la más habitual. Así era para la ayuda de la CE, sin vislumbrarse cambios en un futuro próximo.

### Las tecnologías apropiadas

En este proyecto la administración nacional, la administración donadora (CE) y las empresas consultoras responsables de los estudios y proyectos se enfrentaron con un dilema bastante habitual al elegir las soluciones técnicas para reforzar los firmes de las carreteras en África Subsahariana.

Además de todas las condiciones expuestas en materia de mejora de la conservación, era preciso tomar decisiones en el diseño de los refuerzos para garantizar la durabilidad de las carreteras. Se planteaba un dilema:



- a. Si se dimensionaban los refuerzos de los firmes con los datos de tráfico y su evolución previsible ocurriría lo mismo que en el pasado. Es decir, las sobrecargas por eje reales harían que el nº de ejes equivalentes de 12 toneladas acumulados soportados por el firme fuera muy superior al de proyecto. Inevitablemente la degradación sería acelerada.
- b. Podían sobre-dimensionarse los firmes. Para ello había que suponer tráficos claramente exagerados. No podía aceptarse en los cálculos la sobrecarga real de los camiones, porque esto sería aceptar como hecho consumado algo contra lo que los organismos de la AOD han luchado (pretendidamente) desde los años 60, y aún en teoría siguen luchando, aunque ya con poca convicción en muchos países subsaharianos. La decisión de sobredimensionar implicaba una inversión extra, que en el caso de este proyecto disparaba el presupuesto a casi 70 millones de euros. Este importe no era aceptable, porque implicaba sobrepasar el límite concedido a este sector en Benin por el 8º Fondo Europeo de Desarrollo (había también otras carreteras que financiar).

Se optó por reforzar los firmes ligeramente por encima de los resultados basados en los datos de tráfico de proyecto; en función de la disponibilidad económica.

En cuanto a la elección de las secciones del firme, se eligió el reciclado y la estabilización con cemento de bases y sub-bases. En Benin estas técnicas resultan más económicas que la puesta en obra de nuevas capas de base de materiales granulares sin estabilizar. El motivo es la lejanía de las rocas que pueden constituir capas de base con un CBR (*California Bearing Ratio*) aceptable, tras un proceso de machaqueo para la fabricación de áridos que resultaría muy costoso.

Los aspectos medio-ambientales no son destacables en este proyecto. Se refieren, en cualquier caso, a medidas de protección ambiental a adoptar durante las obras.

### **Las capacidades institucionales y de gestión**

Las administraciones de carreteras de muchos PVD adolecen de capacidades técnicas y de gestión. La República del Benin no es una excepción. Los proyectos de refuerzo administrativo han traído algunas mejoras en la eficacia de las administraciones públicas en la planificación y la gestión de la conservación vial. Sin embargo, estas mejoras han sido insuficientes y de durabilidad muy cuestionada.

En Benin existía una agencia administrativa autónoma para gestión de proyectos (TUHIMO) pero ligada exclusivamente a las técnicas intensivas en mano de obra. Esto hacía que no estuviera apenas implicada en el ciclo de vida del proyecto que nos ocupa, salvo en operaciones futuras de conservación ordinaria. La preocupación era y es la conservación periódica.

En el marco del PST en Benin, existía una serie de intervenciones de refuerzo de las capacidades técnicas y de gestión de la administración beninesa de carreteras, financiadas por el BM, la CE y la cooperación francesa. Estaban dirigidas principalmente a reforzar las capacidades de gestión operativa y financiera de los estudios y proyectos de las obras



de carreteras. Este refuerzo se acompañaba del apoyo a la reforma administrativa, más allá de la creación y mejora del Fondo de Carreteras, y de la agencia TUHIMO (en el caso del BM). Existía un apoyo con expertos de cooperación técnica para la implementación de procedimientos transparentes de licitación de obras y de contabilidad del gasto público, de sistemas de control de sobrecargas de vehículos pesados, de sistemas de peaje en los ejes viarios principales. La construcción y explotación de la estación de pesaje y peaje en Diho, en el tramo de carreteras que nos ocupa (Figura nº 3), formaba parte de este apoyo.

## Los análisis económicos y financieros

### a) Metodología.

En este proyecto, como resulta habitual en la evaluación económica de los proyectos de carreteras financiados por los organismos internacionales de la AOD, se utilizó el análisis económico coste-beneficio. Para la estimación de los costes se empleó un modelo muy extendido, el HDM (*Highway Development Maintenance Standards*). Los indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, relación B/C) se obtuvieron comparando los costes con la intervención con los costes soportados en caso de no realizarse el proyecto (alternativa 0).

### b) Resultados.

Los resultados obtenidos fueron netamente positivos, como suele ocurrir en los proyectos de conservación periódica si existen niveles de tráfico suficientes y los costes de construcción no se disparan, al elegirse las soluciones más económicas en el entorno local. La TIR obtenida ascendía a 37,5% (Porto Novo – Igolo), 10,7% (Dassa – Savalou) y 31,3% (Bohicon - Parakou). Los análisis de sensibilidad confirmaron la estabilidad de estos valores. Incluso en las hipótesis más desfavorables la TIR alcanzaba 26,4 % (Porto Novo – Igolo), 4,0 % (Dassa – Savalou) y 22,9 % (Bohicon – Parakou).

Estos resultados confirmaban lo que ya mostraron anteriormente muchos estudios realizados en el contexto de la RMI del BM; las operaciones de conservación periódica tienen una alta rentabilidad si se efectúan en los plazos adecuados, sin retrasos que conlleven degradación excesiva de los firmes. Por el contrario, las reconstrucciones de firmes implican costes de tal magnitud que la rentabilidad económica resultante es netamente inferior a la de los proyectos de refuerzo. En este proyecto, si se optara por la rehabilitación el coste total del proyecto sobrepasaría los 80 millones de euros, cantidad no disponible que implica valores de la TIR mucho más bajos que los reseñados más arriba.

## IV.5. CONCLUSIONES

El estudio de los documentos del proyecto permite, con el paso de los años, obtener ciertas conclusiones relativas a su eficiencia y sostenibilidad. No puede negarse que pertenece a una oleada de proyectos de carreteras (8º y 9º FED) en los que se constató un esfuerzo por garantizar su viabilidad, atacando los problemas fundamentales detectados en la conservación y la gestión viaria. Las fases de identificación y de formulación se llevaron a cabo adecuadamente. Las negociaciones con la administración beninesa, centradas en las políticas de apoyo a la reforma de la conservación vial, fueron suficientemente profundas.



Se consiguió el objetivo específico a corto plazo, como suele ocurrir en este tipo de proyectos si no hay serios problemas de implementación. Sin embargo, la durabilidad de los beneficios del proyecto se ha seguido apoyando en responsabilidades administrativas de Benin que siguen sin cumplirse. Se ha ido mejorando, pero a un ritmo demasiado lento. Los recursos económicos destinados a la conservación siguen siendo insuficientes. La gestión del FR es muy mejorable; como lo es la aportación estatal. El tejido de empresas privadas de construcción con la clasificación adecuada para estas obras es insuficiente. La calidad de las obras también lo es. El refuerzo de la administración no ha propiciado las capacidades necesarias de gestión operativa y financiera de la conservación vial, pero este problema se inscribe dentro del mucho más amplio y difícil de la ineficiencia administrativa en África Sub-sahariana.

En estas condiciones, la AOD debe mantener y reforzar la condicionalidad de los proyectos y programas, contribuyendo así a que el país receptor alcance cuanto antes el umbral pasado el cual la ayuda será plenamente efectiva y viable. Podemos pensar que la financiación nacional de más del 50 % de las necesidades totales de conservación es un objetivo viable. Mucho más difícil será llegar en los próximos años a financiar el 50 % de las necesidades de conservación periódica y reconstrucciones.



Tabla 1 . Marco Lógico

|                            | LÓGICA DE INTERVENCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | INDICADORES<br>OBJECTIVAMENTE<br>VERIFICABLES                                                                                                                                                                                                                                                  | FUENTES DE<br>VERIFICACIÓN                                                                                                                      | HIPÓTESIS                                                                                                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OBJETIVO GLOBAL</b>     | Contribución a la constitución de una red viaria eficiente<br><br>Disminución de los costes del transporte por carretera<br><br>Estimulación de la integración económica regional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Aumento del tráfico nacional e internacional al menos igual al crecimiento económico nacional e interregional                                                                                                                                                                                  | - Direction Routes et Ouvrages d'Art (DROA);<br><br>- Direction Études Techniques Ministère des Travaux Publics                                 |                                                                                                                          |
| <b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> | Asegurar la conservación de la inversiones existentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Medida del IRI en los tramos del proyecto<br><br>Medida del conjunto de indicadores de la inspección de carreteras                                                                                                                                                                             | Campañas de medidas de la DROA<br><br>Inspección de carreteras DROA<br><br>Informes de la DROA                                                  | - Eliminación de las barreras físicas y no físicas a los intercambios comerciales<br><br>- Estabilidad social y política |
| <b>RESULTADOS</b>          | 493 km de refuerzo de firmes de carreteras prioritarias pavimentadas<br><br>Nivel de servicio de la oferta satisfactorio con una vida útil prolongada más de 10 años                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Estándares de trazado, del IRI y de resistencia de firmes aceptables<br><br>Estándares de conservación ordinaria respetados                                                                                                                                                                    | Evaluación post-proyecto<br><br>Informes de la supervisión de obra y de la DROA                                                                 | Conservación ordinaria efectuada correctamente entre 2002 y 2012                                                         |
| <b>ACTIVIDADES</b>         | Reciclado y ensanche de la explanada<br><br>Mejora de las capas de base y sub-base mediante estabilización con cemento<br><br>Renovación de pavimentos, sea en mezclas asfálticas o tratamientos superficiales<br><br>Reconstrucción, ensanche y pavimento de los arceños<br><br>Acondicionamiento del trazado en planta y alzado de ciertas secciones<br><br>Acondicionamiento de las estructuras, obras de paso y drenaje<br><br>Señalización vertical y horizontal en los 493 km del proyecto. | <b>MEDIOS</b><br><br>1. Físicos: materiales y equipos de las obras<br><br>2. Personal:<br><br>- empresa constructora personal técnico<br><br>mano de obra no cualificada<br><br>- equipo de supervisión<br><br>equipo topográfico<br>equipo geotécnico<br>misiones de expertos y de evaluación | <b>COSTES</b><br><br>(millones EUROS)<br><br>Obras: 33,242<br><br>Control: 1,995<br><br>Diversos e Imprevistos: 2,263<br><br><b>TOTAL: 37,5</b> |                                                                                                                          |





## CASO PRÁCTICO 5.

### UTILIZACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIALES EN LA PREPARACIÓN DE TEJAS DE MORTERO, UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y ECOLÓGICA PARA LOS PAÍSES DEL SUR

ROSANA MÉNDEZ MUTSCHLER; JOSÉ M. MONZÓ BALBUENA; MARÍA VICTORIA BORRACHERO ROSADO

*Este trabajo está basado en el Proyecto Final de Carrera “Diseño de tejas prefabricadas de bajo coste de que incorporan residuos industriales de carácter puzolánico para uso en países en vías de desarrollo. Aplicación al caso de Cali (Colombia)” de la alumna Rosana Méndez Mutschler, de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, tutorizado por el Dr. José María Monzó Balbuena y la Dra. María Victoria Borrachero Rosado, presentado en Octubre de 2009 en la ETSICCP de la Universidad Politécnica de Valencia.*

#### V.1. ANTECEDENTES DEL TRABAJO

Este trabajo se engloba en un marco de investigación para la cooperación que realiza el Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH), de la Universidad Politécnica de Valencia, junto con el Grupo de Investigación en materiales compuestos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle en Cali, Colombia.

El proyecto ha sido financiado por la Generalitat Valenciana, en la convocatoria de proyectos de investigación y formación en temas relacionados con la cooperación internacional para el desarrollo<sup>4</sup>, y lleva por título “Utilización de la ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para la vivienda de interés social en el Valle del Cauca (Colombia)”.

#### V.2. PROBLEMÁTICA Y CONTEXTO

##### V.2.1. LA VIVIENDA: DE DERECHO CONSTITUCIONAL A NEGOCIO DEL SIGLO XXI

La Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, en su Artículo 25, señala que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado, especificando que la vivienda es uno de los componentes de ese derecho. Posteriormente, la Asamblea General de Naciones Unidas (1966), en el “Pacto Internacional relativo a los derechos económicos, sociales y culturales”, reconoce en su Artículo 11 “...el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda digna, y una mejora

<sup>4</sup> Orden de 3 de noviembre de 2009, de la Conselleria de Inmigración y Ciudadanía, por la que se convocan, para el año 2010, subvenciones a proyectos de investigación y formación en temas relacionados con la cooperación internacional para el desarrollo, realizados por universidades e instituciones sin ánimo de lucro de la Comunitat Valenciana. [2009/12698]



*continua de las condiciones de existencia*". Además, la Carta Mundial por el Derecho a la ciudad<sup>5</sup>, en su Artículo 14 del Derecho a la vivienda, dice que *"las ciudades, en el marco de sus competencias, deben adoptar medidas para garantizar a todos(as) los(as) ciudadanos(as) el derecho a que los gastos de vivienda sean soportables de acuerdo a sus ingresos; que las viviendas reúnan condiciones de habitabilidad, que estén ubicadas en un lugar adecuado y se adapten a las características culturales y étnicas de quienes las habitan"*.

Según Salas (2002), el Banco Mundial, entre sus objetivos para el corto plazo, destaca la posibilidad de comercializar al máximo la vivienda de bajo coste hasta hacer de ella una mercancía barata que, con las medidas adecuadas de financiación, se haga asequible para la mayor parte de la población. Tales aspiraciones parecen pertinentes; sin embargo, es preciso reconocer sus limitaciones ya que la mayor parte de los desfavorecidos, el 30, 40, 50% o más, según los países de América Latina, van a seguir excluidos del mercado formal.

### V.2.2. LA HEGEMONÍA DEL SECTOR INFORMAL

Uno de los principales problemas en muchos países es el alto porcentaje de "construcción informal", es decir, aquella que se desarrolla cuando la construcción de las viviendas pasa a manos privadas, por lo que los Estados prácticamente ya no financian la construcción. En la periferia de la ciudad, en la que los ingresos para pagar la llamada *Construcción Formal Urbana* son inexistentes, nace el *Sector Urbano Marginal* o simplemente el *Sector Informal*, que no se rige por ninguna reglamentación y en el que predomina la autoconstrucción.

El problema surge cuando la financiación, prácticamente inexistente por parte de los Estados, no llega a cubrir el déficit actual de vivienda. Como consecuencia, surge el fenómeno de construcción informal, urbana y rural auto gestionada. Nos referimos a construcciones que copian las tipologías de vivienda formales antes mencionadas.

Salas (2002) afirma que, dicho sector es pieza clave en la construcción de viviendas en América Latina. Sin su aportación mayoritaria y sostenida, la situación sería bien distinta y sin duda, aún peor. Su actividad la ciframos entre el 30% de lo que se ejecuta en cada país (Chile, Uruguay, Argentina...) y el 80% (Perú, Ecuador, Centroamérica...), pasando por situaciones intermedias del orden del 60% (Brasil, Colombia, Venezuela...). El sector informal de la vivienda y sus materiales, es el gran motor del sector formal al que siempre alimenta. La *Associação Brasileira de Cimento Portland* asegura que, desde 1994, el consumo de cemento Portland en Brasil es superior en el sector informal que el formal.

Ante este fenómeno que lleva sucediendo tantos años, surge la figura del microempresario que conoce muy bien el material de cada zona, por ejemplo la madera, y construye casas prefabricadas, aunque trabaja sin tener casi conocimiento sobre técnicas constructivas (PEYLOUBET, et al. 2007).

Los materiales usados para las cubiertas de las viviendas siguen siendo la paja, el zinc (hierro galvanizado) e incluso en algunos países como Colombia, se mantiene el uso de

---

<sup>5</sup> "Carta Mundial por el derecho a la Ciudad". Oficina de Coordinación Regional de HIC para América Latina (canal).



cubiertas de asbesto-cemento. Estos tipos de cubierta no ofrecen confort térmico ni acústico, además de los riesgos para la salud que supone el manejo de materiales con contenido de asbesto (OSPINA, et al. 2008).

Salas (2002, p. 63) cita: “El Presidente del Banco Interamericano de Desarrollo, Enrique Iglesias, formuló ante los ministros de vivienda y desarrollo urbano de América Latina y el Caribe la siguiente autocrítica: *“Hay que dar más participación a las organizaciones no gubernamentales, a la sociedad misma. Tenemos mucho que aprender de la reacción de la informalidad. Aprender las lecciones de la informalidad para asimilarlas, para incorporarlas al proceso decisorio y ver cómo trabajamos con las fuerzas sociales que están dando una respuesta dramática, una respuesta para sobrevivir en el contexto de la miseria y la pobreza que hoy aqueja América Latina”*.

El escritor y político Mario Vargas Llosa (1987) diagnostica que *“cuando la legalidad es un privilegio al que sólo se accede mediante el poder económico y político, a las clases populares no les queda otra alternativa que la ilegalidad. Éste es el origen del nacimiento de la economía informal.”*

### V.2.3. EL DESCONTROLADO INCREMENTO DEL DÉFICIT DE VIVIENDA

La Comisión Económica para América Latina cifró, en 1996, el déficit habitacional de América Latina y el Caribe en 25,7 millones de acciones de rehabilitación imprescindibles para mantener en uso el stock de viviendas y en 27,9 millones, el número de nuevas viviendas necesarias, déficit propiamente dicho (ver tabla 1). Adoptando una medida de cinco personas por alojamiento, se llega a la conclusión de que 130 millones de latinoamericanos habitan en alojamientos precarios, y que 140 millones carecen de vivienda. Un total de 270 millones de latinoamericanos mal alojados o sin alojamiento, es un pesado lastre y un invariante, que con mayor o menor gravedad, se manifiesta en todos los países de América Latina y el Caribe (SALAS, 2002).

Tabla.1. Déficit habitacional de América Latina y el Caribe (CEPAL, 1996)

| REGIÓN                          | Número de acciones habitacionales para superar el déficit. |                |         |                    |         |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|---------|--------------------|---------|
|                                 | Total                                                      | Rehabilitación |         | Construcción Nueva |         |
|                                 |                                                            | Número         | % Total | Número             | % Total |
| <b>Total</b>                    | 53.654                                                     | 25.659         | 48      | 27.995             | 52      |
| <b>América del Sur</b>          | 37.465                                                     | 19.402         | 52      | 18.063             | 48      |
| <b>América Central y México</b> | 11.972                                                     | 4.850          | 41      | 7.122              | 59      |
| <b>El Caribe</b>                | 4.217                                                      | 1.407          | 33      | 2.810              | 67      |

#### *V.2.4. LA INTENSIFICACIÓN DE LOS FENÓMENOS NATURALES*

Otro de los problemas en los últimos diez años es la intensificación de los fenómenos naturales tales como terremotos, huracanes, tsunamis, etc., que, sumados al elevado número de construcciones informales, provocan grandes catástrofes y tienen un efecto nefasto en las vulnerables economías de los países en vías de desarrollo (ECOSUR, febrero 2008).

#### *V.2.5. EL CEMENTO: CARO Y CONTAMINANTE*

Según Martirena (2004), el cemento Portland es uno de los materiales más empleados en la vida moderna. Este material se fabrica en aproximadamente 150 países, principalmente en el área de Asia, Europa, y Oriente Medio. Su uso universal en prácticamente todos los trabajos de la construcción, la posibilidad de su producción industrial masiva y los buenos resultados obtenidos en sus aplicaciones han sido la causa de que hoy en día este aglomerante haya desplazado a todos los que le antecedieron, que han quedado relegados a aplicaciones menores en trabajos de albañilería.

La obtención de cemento para fabricar hormigón implica un alto consumo energético y grandes volúmenes de emisiones de gases de efecto invernadero (la producción de una tonelada de clínker genera aproximadamente una tonelada de CO<sub>2</sub>), lo que lo convierte en un material caro y contaminante.

A pesar de ello, la producción de cemento mundial crece de forma espectacular. Las razones son claras; los países en vías de desarrollo están en proceso de construir su infraestructura, y para esto necesitan inmensas cantidades de cemento Portland. Este hecho es también un resultado de la tendencia mundial de los países industrializados a desplazar las producciones contaminantes hacia los países en vías de desarrollo.

Martirena (2004) afirma que el 90% del mercado de la construcción en Ecuador lo dominan el cemento y el hormigón, no sólo por la localización de las viviendas, mayormente urbana, sino también por la idiosincrasia del pueblo ecuatoriano, donde tanto el hierro, el hormigón y los prefabricados de hormigón, como los bloques, son considerados “para ricos” y todos quieren tener su casa con losa de hormigón y paredes de bloque, aunque en muchos casos estos materiales no sean idóneos.

Sin embargo, aunque hoy todavía se asocia la producción de cemento con el nivel de desarrollo de un país, también ha resultado ser uno de los principales responsables de la degradación ambiental del planeta, debido a que su proceso productivo implica la explotación intensiva de recursos no renovables (materias primas y combustibles), y se emiten significativos volúmenes de gases de efecto invernadero. La producción de este conglomerante será pues insostenible en los próximos años; además, económicamente, se convertirá en un producto poco atractivo si tenemos en cuenta el incremento del precio de los combustibles fósiles a corto plazo, así como el previsible reforzamiento a escala global de las políticas impositivas a productos o producciones que contribuyan al calentamiento global (impuestos ecológicos), ya que el incremento de costos de la producción llegará a niveles prohibitivos para la industria.



### **V.3. SOLUCIONES SOSTENIBLES**

Garantizar una vivienda decorosa a la mayoría de la población sólo es posible si se involucra en su solución a toda la comunidad. Para lograrlo es necesario el desarrollo de tecnologías limpias, que respeten las tradiciones e identidad de la población y que aprovechen al máximo los recursos locales disponibles para que puedan ser usadas y entendidas.

Estas soluciones deben tener en cuenta una serie de premisas<sup>6</sup>:

#### **Premisas tecnológicas**

- Tener en cuenta las interacciones existentes entre materiales, tecnologías y arquitectura a fin de optimizar un desarrollo, hasta ahora caracterizado por el tratamiento de cada uno de los aspectos por separado.
- Descentralizar y territorializar la producción de materiales de construcción sobre la base de fábricas de pequeña escala, cercanas a las fuentes de materias primas y de consumo, reduciendo los costos de producción y transporte.
- Priorizar el uso de materiales y tecnologías de bajo consumo energético o que sean renovables.
- Aprovechar los materiales de desecho, reciclándolos y reutilizándolos la mayor cantidad de veces, evitando la generación de desperdicios.
- Utilizar materiales de alta resistencia ambiental.
- Aplicar un diseño progresivo de la vivienda y de las urbanizaciones.
- Emplear tecnologías que permitan la participación descentralizada, protagónica y democrática de la población y las instituciones de la sociedad civil.

#### **Premisas económicas**

- Considerar los impactos sociales y ecológicos de las decisiones económicas.
- Reducir los costos mediante la racionalización de los consumos materiales y energéticos.
- Producir preferentemente con recursos locales o nacionales.
- Priorizar el uso de energías renovables.
- Balancear los costos de inversión y de explotación.
- Reducir los costos de conservación.
- Racionalizar las producciones con economía de escala.

---

<sup>6</sup> Basado en la conferencia “Desarrollo sostenible en la vivienda” presentada por Jorge Acevedo Catá en la UPV, 2007.



- Utilizar la ciencia y la técnica para mejorar los procesos de vida.
- Premisas ambientales
- Considerar las influencias ambientales, flora y fauna, ciclo del aire, del agua como objeto de diseño en todas las etapas.
- Utilizar preferentemente recursos locales, naturales, abundantes, renovables, bio-asimilables y no contaminantes.
- Lograr la adecuación climática-ambiental de las soluciones: ambiente térmico, acústico y lumínico, así como una relación bilateral, de justo intercambio entre el hombre y la naturaleza.
- Evitar la contaminación ambiental en los procesos sociales y económicos.
- Garantizar emplazamientos habitacionales sostenibles.

A partir de estas premisas, el Centro de Estudio de Construcciones y Arquitectura Tropical (CECAT) del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (La Habana, Cuba), al igual que otros centros de investigaciones de la educación superior, vinculados al sector de la construcción, trazaron en sus planes de investigación el objetivo fundamental de desarrollar productos y tecnologías alternativas para la construcción de la vivienda popular empleando soluciones caracterizadas por<sup>7</sup>:

- Disminuir los consumos de materiales y energía en el proceso productivo.
- Posibilitar el uso de energías renovables.
- Utilizar recursos locales o nacionales.
- Disminuir los costos de inversión.
- Permitir la auto-construcción.

En este estudio nos centramos en una tecnología que, desarrollando las premisas mencionadas, se ha implantado con éxito en especial en América Latina. Se trata de tejas de micro hormigón, que brindan oportunidades para crear micro-empresas y, en caso de que sea necesario, suponen una eficaz respuesta frente a los desastres naturales ya que eliminan las dependencias externas del suministro de materiales.

En base a esta tecnología, se ha planteado hacer mayor hincapié en las premisas ambientales, sustituyendo parte del cemento (material altamente contaminante y de difícil acceso) por puzolanas (materiales residuales de difícil gestión que se encuentran fácilmente en estas zonas, como la ceniza de cascarilla de arroz).

A continuación se explica la tecnología y bondades de la producción de tejas de micro hormigón, así como la necesidad de sustituir el cemento por materiales puzolánicos.

---

<sup>7</sup> Basado en la conferencia “Desarrollo sostenible en la vivienda” presentada por Jorge Acevedo Catá en la UPV, 2007.



### V.3.1. TEJAS DE MICRO HORMIGÓN<sup>8</sup>

El tejado es una parte importante de la vivienda, por tanto, dar solución a la problemática del mismo es primordial. Un ejemplo de las soluciones sostenibles dentro del campo de la construcción es el que corresponde a los llamados ecomateriales y particularmente a las Tejas de Micro Concreto (TMC), que son elaboradas por más de 650 productores en toda América Latina, desde Bolivia hasta México.

La tecnología de las TMC hace posible que se usen en construcciones de todo nivel con excelentes resultados, y no solamente en aquellas que se denominan como propias de las clases populares.

Las tejas de Micro hormigón son materiales para cubierta, que presentan propiedades térmicas, acústicas, hidráulicas, de durabilidad y de resistencia mecánica a los impactos iguales o mayores que las tejas de otros materiales similares. El micro hormigón es un material de altas prestaciones; cuando se desean obtener diferentes tonalidades o características se puede recurrir al uso de colorantes y/o aditivos.

Debido a que son más duraderas y económicas, estos elementos han ido sustituyendo a varios tipos de tejas fabricadas con fibras naturales, a las láminas metálicas y a las tejas de asbesto-cemento. También sustituyen a las tejas de arcilla, debido al menor consumo energético en su fabricación.

Al realizar una comparación con consumo de materia prima en el asbesto, podemos decir que se necesita aproximadamente la mitad de cemento utilizado en el asbesto para producir un metro cuadrado de tejas, sin hablar de los problemas en materia de salud que causa la manipulación de materiales fabricados con asbesto. Además, se comportan mucho mejor frente a incendios (son prácticamente incombustibles), frente a la oxidación y tienen mayor durabilidad (MELÉNDEZ *et al.*, 2004).

### V.3.2. OPORTUNIDADES PARA MICRO-EMPRESAS

Estimular las economías locales es una contribución al proceso de desarrollo. Se demuestran las oportunidades para los negocios de TMC cuando es introducida de manera apropiada, ya sea en el mercado formal o informal. Se han creado negocios pequeños y exitosos de tejas (muchos son empresas familiares) que han contribuido al dinamismo económico de su mercado local de materiales de construcción por más de una década.

La infraestructura mínima que se necesita es un techo, además de un área pequeña de almacenaje para cemento, herramientas, un tanque de agua para el curado de las tejas y un patio pequeño para almacenar arena y las tejas terminadas. Algunas personas que producen tejas en sus patios traseros han invertido menos de 500 dólares en infraestructura (ECOSUR, febrero 2008).

---

<sup>8</sup> Gran parte de la investigación científica en torno a las TMC se ha basado en las organizaciones socias de la Red Ecosur asentadas en Cuba, organismo encargado de coordinar la transferencia de tecnología, brindar la capacitación necesaria a especialistas y centros de investigación y generar la relación e intercambio de información entre diversas organizaciones de América Latina y el resto del mundo.



Las mujeres han comprobado su capacidad de ser excelentes productoras de tejas, en países tan diferentes como el Salvador, Namibia y Tayikistán.

Para que la micro-empresa funcione, es esencial brindar asistencia técnica a los nuevos productores y asesorar en los proyectos de viviendas. También se pueden organizar talleres de fabricación de tejas orientados al mercado. De esta forma se estimula la producción local y se asegura la disponibilidad del equipamiento necesario.

La mejor manera de asegurar la sostenibilidad del negocio es encadenar la producción al consumo, es decir, producir materiales que se consuman en proyectos propios o en negocios ya establecidos, con empresas constructoras (ECOSUR, febrero 2008).

### *V.3.3. UNA ESTRATEGIA PARA EL ALIVIO DE DESASTRES*

Con esta tecnología se busca crear condiciones locales para la producción de materiales y tecnologías de construcción convenientemente adaptadas a las condiciones regionales específicas. En zonas afectadas por desastres, en especial, la producción de ecomateriales es condición básica para iniciar con criterio de sostenibilidad cualquier acción de reconstrucción, pues crea las bases locales para eliminar dependencias externas en el suministro de materiales de construcción básicos.

En contraposición a las soluciones modernas de respuesta post-desastre, éstas se orientan hacia la solución sostenible de la construcción o reparación de viviendas y edificaciones en general, en lugar de implementar soluciones de emergencia que a la larga se convierten en definitivas, en detrimento de las condiciones de los afectados.

La producción local de ecomateriales supone un método innovador para resolver el problema de la rehabilitación de viviendas. Se crea esta base local de producción y se organiza la comunidad para que asuma las tareas de reconstrucción, en esquemas de autoconstrucción con amplia participación popular. Esta estrategia funciona si se cuenta con el apoyo de los gobiernos municipales, las organizaciones de masas y civiles, y los beneficiarios en general (ECOSUR, febrero 2008).

### *V.3.4. SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO*

Las medidas principales tomadas para disminuir, o al menos detener el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por la producción de cemento pueden ser clasificadas en dos grandes grupos:

- a. Las orientadas a aumentar la eficiencia del proceso, disminuyendo el consumo de combustibles.
- b. Las orientadas a extender el clinker usando adiciones activas o inertes, que son añadidas en fábrica o a la hora de utilizar el cemento (MARTIRENA, 2004).

En general, la contribución a la reducción del consumo energético y nivel actual de emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de cemento de cualquiera de las medidas explicadas es pequeña, en comparación con los incrementos de producción pronosticados. Aunque la meta es sustituir hasta el 50% de los combustibles fósiles por alternativos, en términos prácticos



se ha logrado solamente un 15% de sustitución. De igual forma, el uso de adiciones de clínker apenas reporta disminuciones de un 22% en las emisiones. Las mejoras tecnológicas para aumentar la eficiencia avanzan, pero no con un ritmo tan dinámico, y dependen de las características específicas de la economía del país donde se realice la producción.

Para poder mantener los niveles de consumo energético y emisiones del presente en 10 años, la industria del cemento necesita reducir las emisiones en más del 50%. Este reto implica, de forma inexcusable, un cambio de paradigmas en la producción y utilización del cemento Portland, que permita una adecuación a las exigencias ambientales actuales. Cualquier solución al problema pasa por la reducción del contenido de clínker puro en los materiales conglomerantes.

Es posible pensar en lograr hormigones con muchísimo menos conglomerante de clínker de cemento Portland, y que superen las propiedades de los actuales. Esto podrá ser así a partir del acertado empleo de aditivos y adiciones, que compartirán el protagonismo del cemento Portland en el hormigón. En concreto, la utilización de grandes volúmenes de adición activa, combinado con agentes dispersantes de alto poder, parece ser una vía muy atractiva para mejorar el perfil ambiental de los hormigones, ya que permitiría de esta forma lograr significativas reducciones del consumo de cemento Portland en la fabricación de hormigón. Desarrollar e implementar de forma práctica soluciones de este tipo puede convertirse en una prioridad máxima para la humanidad en los próximos años (MARTIRENA, 2004).

### **Materiales puzolánicos. Puzolanas**

La puzolana es un material que, mezclado con agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Las puzolanas pueden ejercer un efecto *filler* que rellena los poros capilares, aumentando la durabilidad del hormigón.

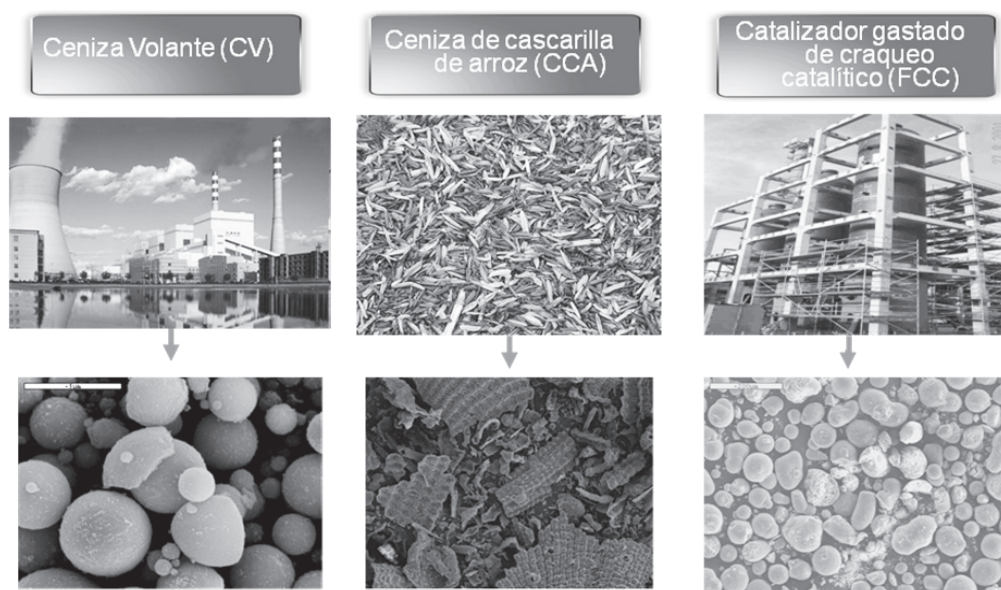
La sustitución parcial del cemento por materiales puzolánicos en morteros suele ir asociado a efectos físicos como el incremento de la compacidad (la porosidad del hormigón disminuye), así como a efectos físico-químicos como los nuevos productos de reacción formados durante la reacción puzolánica (pueden modificar las propiedades reológicas, mecánicas y de durabilidad del hormigón).

Las puzolanas empleadas en este trabajo son (ver figura 1):

- Ceniza volante de central térmica (CV).
- Ceniza de cascarilla de arroz (CCA), subproducto de las industrias arroceras.
- Catalizador gastado de craqueo catalítico del petróleo (FCC).

Todos ellos son materiales residuales y por tanto con un coste reducido.





*Fig. 1. Puzolanas empleadas.*

En base a estas soluciones sostenibles, el caso aquí presentado, consiste en un trabajo de investigación que pretende aportar respuestas a los diferentes problemas de déficit de vivienda y contaminación. Para ello, se utiliza la tecnología de tejas de micro hormigón, sustituyendo parcialmente el cemento del mortero por materiales residuales con carácter puzolánico. Los prefabricados así obtenidos presentan propiedades similares e incluso superiores a las tejas que únicamente contienen cemento.

De esta forma se pretende conseguir, por una parte, la reducción de la producción de clínker, que es altamente contaminante, y por otra parte, la adecuada gestión de materiales residuales producidos en grandes masas a través del sector de la construcción, capaz de absorber esa gran cantidad de residuos dado su volumen, ahorrando así el coste de su gestión. Además, al utilizar una tecnología constructiva que tiene en cuenta las premisas antes citadas, se consigue dar accesibilidad de materiales y técnicas a los sectores más desfavorecidos.

#### **V.4. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS**

En este trabajo se han estudiado las propiedades mecánicas de los prototipos de tejas de micro hormigón al incorporar puzolanas que sustituyen parte del cemento y se compararon con las mezclas sin adiciones (mezclas patrón). Las puzolanas empleadas son el catalizador de craqueo catalítico usado (FCC), la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y la ceniza volante de central térmica (CV), todos ellos materiales residuales y por tanto con un coste reducido.



En una primera fase, realizada en los laboratorios del Departamento de Ingeniería de Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Valencia (ICITECH), se prepararon:

- Mezclas ternarias de cemento Portland con un reemplazo combinado de FCC y CV.
- Mezclas ternarias de cemento Portland con un reemplazo combinado de CCA y CV.

La segunda fase se realizó en los laboratorios del Grupo de Investigación en Materiales Compuestos de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle, en Cali, Colombia. Se construyó una máquina basada en la tecnología de tejas TEVI adaptada al tipo de teja usada en Colombia y se fabricaron tejas con cemento Portland, adicionadas con CCA. Se evaluaron las diferentes propiedades de las tejas adaptando la normativa europea a los recursos existentes.

El planteamiento del proyecto tiene una vertiente ecológica ya que reduce la producción de clínker que es altamente contaminante; una vertiente económica puesto que se gestionan adecuadamente materiales residuales y una vertiente social ya que se da accesibilidad de los materiales y tecnologías constructivas a los sectores más desfavorecidos.

#### V.4.1. MATERIALES

Tanto en la Universidad Politécnica de Valencia como en la Universidad del Valle se utilizaron cemento, agua, arena y puzolanas como sustitución parcial del cemento en el amasado de morteros.



*Fig. 2. Cemento con puzolanas, arena y agua.*

#### V.4.2. AMASADO DEL MORTERO

El amasado de los morteros en los laboratorios del ICITECH en la Universidad Politécnica de Valencia se realizó, en su mayoría, con la amasadora de menor volumen con dos velocidades. Esto permitía la amasada de una única teja cada vez.



En los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle en Cali, se utilizó una amasadora de tambor para lograr un mayor volumen de mortero amasado que permitiera hacer nueve tejas a la vez, para diferentes tiempos de curado. De este modo se lograba acercar el experimento a la aplicación real (ver figura 3).



**Fig. 3. Maquinaria y material para el amasado de mortero.**

#### V.4.3. CONFORMADO DE TEJAS

En la UPV, para el vibrado y el primer moldeado de la teja, se utilizó una mesa vibradora TEVI, construida por el Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical, Cuba. La máquina es accionada por un motor que puede ser conectado a una batería corriente de automóvil, un panel solar o mediante un transformador a la red de corriente eléctrica, lo que permite su uso en zonas alejadas de los núcleos urbanos, donde no llega la corriente eléctrica.

En la Universidad del Valle, se construyó una máquina basándose en la mesa vibradora TEVI, adaptándola al tipo de teja más utilizado en Colombia, que es más grande, tiene tres curvaturas convexas y dos cóncavas y no posee parte plana. La máquina se conecta directamente a la red de corriente eléctrica.



Una vez preparada la mezcla, ésta se vierte sobre la mesa vibradora, donde se le da la forma y se vibra durante aproximadamente un minuto. Previamente la mesa fue limpiada y se colocó una lámina plástica para el posterior retirado de la teja. El exceso de masa se elimina con la ayuda de una regla y utilizando una llana se le da un acabado uniforme y liso. Gracias a la lámina de plástico, el mortero puede deslizarse suavemente sobre el molde y se deja curar un día en cámara húmeda. Tras este tiempo se procede al desmoldeo de la teja y se sumerge en agua hasta su rotura en el ensayo de flexión.



**Fig. 4. Maquinaria, moldes y dimensiones de las tejas.**

#### V.4.4. MÉTODOS DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Para realizar los ensayos se ha consultado la norma UNE-EN 491: “Tejas y piezas de hormigón para tejados y revestimientos de muros. Ensayos de resistencia a flexión transversal e impermeabilidad al agua”<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Norma UNE-EN 491: “Tejas y piezas de hormigón para tejados y revestimiento de muros. Métodos de ensayo”.

#### a) Ensayo de resistencia a flexión de tejas

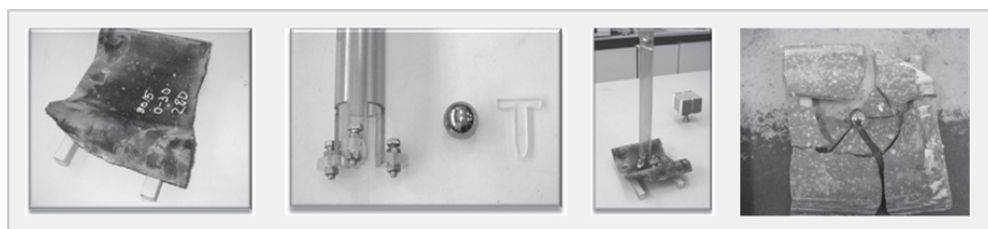
En la mayoría de tejas con sustitución parcial del cemento por puzolanas, se superó la resistencia de las tejas patrón (únicamente con cemento) y la resistencia mínima indicada por la norma UNE EN 490:2005<sup>10</sup>, para este tipo de tejas (800N).



*Fig. 5. Maquinaria, piezas y tejas tras el ensayo de flexión.*

#### b) Ensayo de resistencia a impacto de tejas

La resistencia al impacto fue superior al valor de 1, exigido por la normativa, para todas las puzolanas estudiadas.



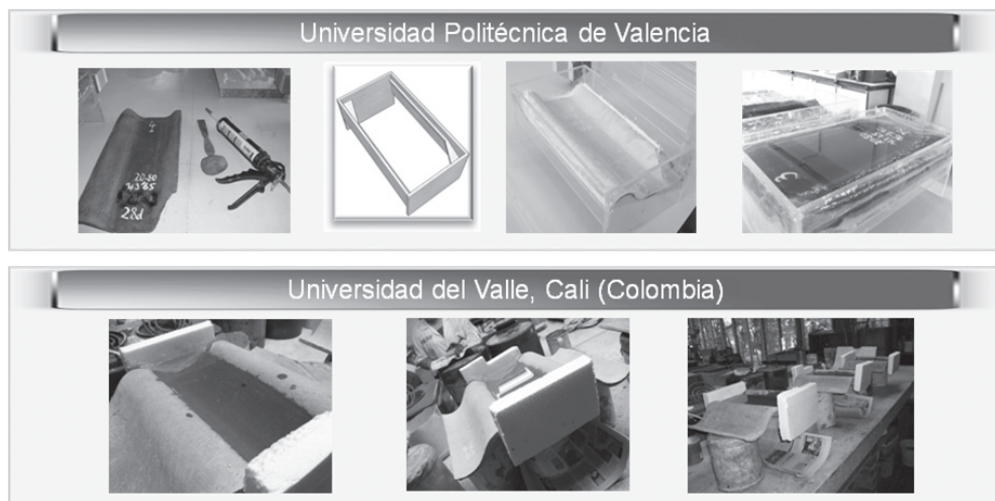
*Fig. 6. Piezas y tejas tras el ensayo de impacto.*

<sup>10</sup> Norma UNE-EN 490: "Tejas y piezas de hormigón para tejados y revestimiento de muros. Especificaciones de producto".



### c) Ensayo de impermeabilidad al agua de tejas

En todos los casos el resultado del ensayo de impermeabilidad fue positivo, es decir, tras el tiempo estipulado por la normativa, el agua no se filtró a través de ninguna teja.



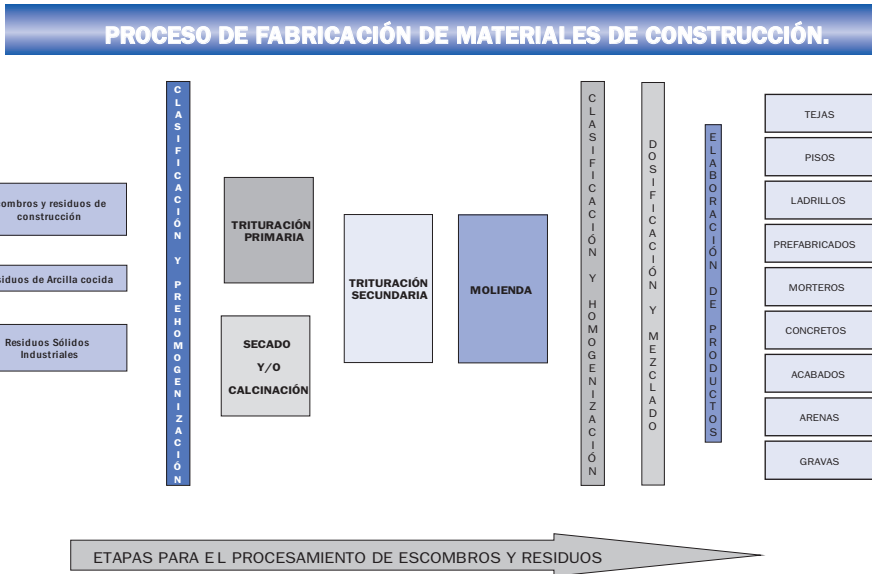
*Fig. 7. Piezas y ensayo de impermeabilidad al agua de las tejas.*

## V.5. APLICACIONES A CASOS REALES

En este trabajo se estudian posibles soluciones a la gestión de residuos y su aplicación en el sector de la construcción, de forma que se ayude a impulsar este tipo de iniciativas.

En este sentido, tuvimos la ocasión de visitar la empresa “Constructora Páez” en Cali, Colombia, que reutiliza residuos industriales, que tras varios procesos de trituración y molienda, mezcla en los morteros para prefabricados como tejas, ladrillos o bloques de hormigón (ver figura 8):





*Fig. 8. Proceso de reutilización de residuos de Constructora Páez.*

## V.6. CONCLUSIONES

De forma general podemos concluir que es factible la sustitución parcial de cemento por CCA, CV y/o FCC, lo que supondría:

- Un beneficio económico ya que las puzolanas estudiadas son materiales residuales, con un coste inferior al cemento y de difícil gestión.
- Un beneficio ecológico porque la utilización de las puzolanas mencionadas supondría reducir la producción de clínker, que contribuye al efecto invernadero.
- Un beneficio social puesto que los materiales y tecnologías constructivas se hacen más accesibles a los sectores desfavorecidos.

## V.7. AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer el apoyo económico del proyecto de Cooperación al Desarrollo: “Utilización de la ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de materiales



de construcción no convencionales para la vivienda de interés social en el Valle del Cauca (Colombia)", financiado por la Consellería de Solidaritat y Ciudadanía, perteneciente a la Generalitat Valenciana. Así como también agradecer la concesión a Rosana Méndez de una beca financiada por el Centro de Cooperación al Desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia, que le permitió realizar la estadía en la Universidad del Valle donde se elaboró la parte final del trabajo presentado.

Finalmente dar gracias al Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH) de la Universidad Politécnica de Valencia, y al Grupo de Investigación en materiales compuestos perteneciente a la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle en Cali, Colombia, especialmente al profesor Michel Ospina.

## V.8. REFERENCIAS

CEPAL (1996) La Producción de la Vivienda en América Latina y el Caribe. Edit. CEPAL, Santiago de Chile.

ECOSUR. Página web de la Red Ecosur: [www.ecosur.org](http://www.ecosur.org), Acceso en febrero 2008.

GONZÁLEZ, J. F. (2008) Ecomateriales ejemplares.

MARTIRENA, J.F. (2004) Una alternativa ambientalmente compatible para disminuir el consumo de aglomerantes de clinker de cemento Portland: el aglomerante cal-puzolana como adición mineral activa. Tesis Doctoral 2004, Universidad Central Marta Abreu de las Villas (UCLV).

MELÉNDEZ, M., ESPINOSA, O., RHYNER, K., NOVOA, M. (2004) Un techo que cubre al mundo: La Teja de Micro Concreto. Editado por Red ECOSUR.

OSPINA, M. A., MONZÓ, J., BORRACHERO, V., PAYÁ, J., BARRIONUEVO, R. (2008) Utilización de mezclas ternarias cemento-ceniza de cáscara de arroz-ceniza volante de central térmica en la preparación de tejas de microhormigón. Tenth international conference on Non-Conventional Materials and Technologies, NOCMAT 2008, Cali, Colombia.

PEYLOUBET, P, DE SALVO, L., ORTECHO, L. E. (2007) Ciencia y tecnología para el hábitat popular: construcción y participación del conocimiento". Buenos Aires, Nobuco. Pág. 163, conferencia: "Tecnologías constructivas para viviendas de bajo costo en la región andina" de Raquel Barrionuevo, Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes.

SALAS SERRANO, J. (2002) Latinoamérica: Hambre de vivienda. Boletín del Instituto de la Vivienda, mayo 2002, vol.17, número 045. Universidad de Chile, Santiago. Chile. pp. 58-69.

VARGAS LLOSA, M. (1987) El Otro Sendero de Hernando de Soto. Lima (Perú), Prólogo del libro.







