

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y EXTENSION
DIRECCION DE PROYECTOS**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO
(aprobado en el art. 6 del consejo de escuela n.6 del 24 de abril 2006)**

**ACERCAMIENTO A LA SELECCIÓN DE MATERIALES MEDIANTE LA
VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO AMBIENTAL Y EL USO DE
PROCEDIMIENTOS CORRECTOS DE RECICLAJE (RED ALFA AMEPAR)
CODIGO 5402-1801-0400**

**Dr. Bruno Chinè Polito
dirección e-mail: bchine@itcr.ac.cr**

ESCUELA DE CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES

CARTAGO, 18 DE ABRIL 2006

Resumen

El proyecto ha sido desarrollado para llevar a cabo actividades de movilidad de investigadores, investigación y entrenamiento avanzado en instituciones de la red ALFA AMEPAR, siendo esta misma financiada por la Unión Europea. Las actividades han interesado el área del diseño-ecológico y de la producción más limpia, con atención especial al soporte industrial, al análisis de nuevas soluciones y a la planificación del ciclo de vida del material (LCA). El proyecto ha involucrado seis diferentes instituciones universitarias (tres europeas y tres latinoamericanas) y en el caso particular del Instituto Tecnológico de Costa Rica se han realizado las siguientes labores:

- a) entrenamiento específico de dos jóvenes docentes del ITCR mediante estadía de estudio en dos instituciones europeas de la red, una en Francia y la otra en Alemania, involucrándose al modelo europeo de investigación sobre LCA y diseño ecológico;
- b) estadía de actualización e investigación por parte del coordinador de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del ITCR en Italia;
- c) seis seminarios de alta especialización sobre temáticas de ciclo de vida de materiales, diseño ecológico, procesos industriales de materiales y de reciclaje;
- d) intercambio de experiencia con los participantes a la red ALFA y difusión de los resultados mediante publicaciones y reportes.

Para cada uno de los dos docentes jóvenes del ITCR, el tema del entrenamiento e investigación ha sido acordado entre el interesado mismo y los dos tutores de este, uno en Costa Rica y el otro en el país europeo que lo recibiría, aprovechando la estructura de investigación ya existente. El tema de actualización e investigación desarrollado por el coordinador ha sido seleccionado entre los proyectos más innovadores y de interés que se estaban desarrollando en la universidad italiana perteneciente a esta red ALFA. Los seminarios de la actividad de extensión han sido seleccionados en el marco del área de formación e investigación propia de quien lo ha impartido y además de las actividades de investigación específicas llevadas a cabo en el proyecto.

Finalmente, los resultados y la experiencia adquirida en el proyecto se han transferido y están transfiriéndose dentro de la misma red ALFA, hacia la comunidad interesada sobre LCA y diseño ecológico, como también a los alumnos pertenecientes a los programas académicos que se ejecutan en las instituciones participantes.

Palabras claves

Red ALFA, ingeniería de materiales, análisis del ciclo de vida de materiales (LCA), reciclaje de materiales.

1. Introducción

Las redes ALFA han sido establecidas para promover el intercambio entre universidades de la Unión Europea y de América Latina a través de proyectos financiados, casi en su totalidad, por la misma Unión Europea. En el caso específico de este proyecto, la red se nombra "Acercamiento a la selección de Materiales mediante la valoración del Rendimiento Ambiental y el Uso de Procedimientos correctos de Reciclaje (AMEPAR)". Su objetivo es el de promover la cooperación científica y el entrenamiento técnico avanzado en las universidades de la misma red en el ámbito de la ingeniería de los materiales. En particular, el trabajo desarrollado en la red se enmarca en el ámbito de las soluciones nuevas para materiales que son empleados en el diseño ecológico y en la producción más limpia, con especial atención al ciclo de vida del mismo material.

La red ALFA en cuestión está conformada por las siguientes universidades, el Politécnico de Turín de Italia que la coordina, la Universidad de Siegen de Alemania, el Institut de Chambéry de la Ecole National d'Arts et Métiers de Francia, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, la Universidad Simón Bolívar de Venezuela y la Universidad Nacional del Comahue de Argentina.

La red, cuyo nombre es *AMEPAR*, acrónimo del nombre en inglés de la red que es "Approaches to Material selection through assessment of Environmental Performances and Adoptions of proper Recycling procedures", nace de la idea de explotar algunas colaboraciones académicas ya existentes entre algunas de las instituciones de América Latina y de Europa de esta misma red y que en la mayoría habían sido promovidas por el Politécnico de Turín. Se analizaron diferentes temas y finalmente se consideró de interés para los futuros participantes a la red el campo del reciclaje de los materiales. En efecto, el número de regulaciones ambientales relativo a la descarga de productos de desecho había crecido en forma notable y algunas razones económicas muy válidas hacen que se requiere de un tratamiento eficiente de estos productos de desecho. Otra razón para presentar una propuesta en este campo era que durante los últimos años la aplicación y la difusión de la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (LCA) había brindado valiosas herramientas para la evaluación cuantitativa de las cargas ambientales, permitiendo extender las fronteras del estudio de la eficiencia del sistema, mediante un modelo que puede definirse "*desde la cuna a la tumba*".

2. Descripción de la red ALFA AMEPAR

A la red ALFA AMEPAR participan los siguientes académicos:

- A) el Dr. Bruno DeBenedetti del Departamento de Ingeniería Química y de los Materiales del Politécnico di Torino de Italia, el cual cubre el rol de coordinador; su experiencia es en eco-compatibilidad, impacto ambiental de procesos metalúrgicos y análisis del ciclo de vida.
- B) el Dr. Daniel Froelich de la Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers, Institut de Conception, Mécanique et Environnement de Chambéry de Francia; su experiencia

es en eco-diseño y reciclaje de productos plásticos y metálicos en la industria automotriz, electrónica y de packaging.

- C) el Dr. Hans-Jürgen Christ, del Departamento de Maschinentechnik, Institut für Werkstofftechnik, Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung de la Universidad de Siegen de Alemania; su experiencia es en integridad y degradación de materiales metálicos bajo condiciones de trabajo, fatiga, corrosión a alta temperatura y ciclo de vida.
- D) el Dr. Bruno Chinè de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica; su experiencia es en modelación de procesos de separación de materiales y aplicaciones de la fluidodinámica a problemáticas ambientales.
- E) el Dr. Joaquin Lira-Olivares, del Centro de Ingeniería de Superficies de la Universidad Simon Bolivar de Venezuela; su experiencia es en superficies, desarrollo de materiales de construcción desde barro de desecho, reforzamiento de bambú, desarrollo y caracterización de revestimientos para aumentar la vida útil de partes mecánicas.
- F) la Dra. Eliana Isidorina Aqueveque Reydet de Delgado, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue de Argentina.; su experiencia es en energía, petróleo, tratamiento de suelos y colocación de desechos en suelos.

3. Actividades desarrolladas por la componente Instituto Tecnológico de Costa Rica de la red

En la red AMEPAR han participado seis universidades con sus respectivos coordinadores y aproximadamente 15 jóvenes investigadores, además de numerosos docentes y técnicos de laboratorios que han suportado el proyecto en cada universidad de la red. En el caso de nuestro Instituto Tecnológico de Costa Rica, las actividades realizadas han sido:

- a) entrenamiento específico de dos jóvenes docentes de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales, mediante estadía de estudio en dos instituciones europeas de la red, involucrándose al modelo europeo de investigación sobre LCA y diseño ecológico;
- b) estadía de actualización e investigación por parte del coordinador de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del ITCR en una universidad europea de la red;
- c) seis seminarios de alta especialización sobre temáticas de ciclo de vida de materiales, diseño ecológico y procesos industriales de reciclaje;
- d) intercambio de experiencia con los participantes a la red ALFA y difusión de los resultados mediante publicaciones y reportes.

3.1 Entrenamiento

Los ingenieros Teodolito Guillen Girón y William Benavides Ramírez, jóvenes docentes de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del ITCR, han realizado una estadía de entrenamiento de nueve meses, respectivamente en el Departamento de Maschinentchnik, Institut für Werkstofftechnik, Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung de la Universidad de Siegen en Alemania y en la Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Institut de Conception, Mécanique et Environnement de Chambéry en Francia.

a) Entrenamiento del ingeniero Teodolito Guillen Girón

El entrenamiento del ingeniero Teodolito Guillen Girón se ha realizado en el 2005, desde finales de enero hasta finales de noviembre. El tutor del ingeniero Guillen en Alemania ha sido el Dr. Hans-Jürgen Christ, apoyado por el prof. Arne Ohrndorf del mismo Departamento de Maschinentchnik de la Universidad de Siegen.

El tema de la capacitación, acordado entre el mismo tutor y el Dr. Bruno Chinè, coordinador por el ITCR, ha sido establecido en el campo de la integridad y degradación de materiales metálicos bajo condiciones de trabajo, fatiga y corrosión a alta temperatura. Como caso particular de la investigación a realizar en Alemania se ha considerado el material celular esponja metálica AlSi7Mg bajo condiciones de carga monótona y cíclica, prestando una atención particular a la fatiga termomecánica y característica de deformación tipo *creep*. Este material tiene ya mucha aplicación en los convertidores y neutralizadores catalíticos y con el propósito de desarrollar nuevas aplicaciones técnicas se hace necesario estudiar el comportamiento bajo nuevas condiciones de cargas termomecánicas, evaluando además los diversos factores ambientales. Para realizar la investigación el ingeniero Guillen ha beneficiado, durante la etapa de caracterización del material en estudio, de equipamiento de laboratorio tecnológicamente muy avanzado presente en la Universidad de Siegen, como son estereoscopios, microscopios ópticos y microscopio electrónico de barrido. Sucesivamente han sido llevados a cabo los ensayos mecánicos del material, subdividiéndolos en ensayos de fatiga reversa, fatiga isotérmica a alta temperatura, fatiga a alta temperatura, ensayos de *creep* y finalmente ensayos de fatiga termomecánica IP y OP. Durante la estadía el ingeniero Guillen ha podido interactuar con otros dos importantes grupos de investigación alemanes, con los cuales la Universidad de Siegen mantiene relaciones de trabajo, en particular con la Universidad de Darmstadt y con el Instituto Fraunhofer de Freiburg.

El entrenamiento del ingeniero Guillen ha sido muy provechoso y los resultados de la investigación realizada en la Universidad de Siegen son muy satisfactorios. El ingeniero Guillen ha presentado su investigación durante la reunión final del proyecto ALFA AMEPAR celebrada en octubre 2005 en Caracas. Estos resultados serán además publicados en los volúmenes de la próxima conferencia internacional sobre materiales celulares de Kyoto (Japón) y de la próxima conferencia europea sobre fractura a celebrarse en Alexandroupolis (Grecia).

Debido al buen trabajo realizado y a las gestiones realizadas por el tutor alemán, Dr. Hans-Jürgen Christ, el ingeniero Guillen ha sido seleccionado por el programa de

maestría en Mecatrónica de la Universidad de Siegen con mira a cursar en futuro un programa de doctorado en el área de materiales.

b) Entrenamiento del ingeniero William Benavides Ramírez

El entrenamiento del ingeniero William Benavides Ramírez se ha realizado en el 2005, también desde finales de enero hasta finales de noviembre. El tutor del ingeniero Benavides en Francia ha sido el Dr. Daniel Froelich de la Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Institut de Conception, Mécanique et Environnement en Chambéry. Este Instituto se encuentra en el interior del Parco Tecnológico de la región francesa de Savoie y trabaja a estrecho contacto con la comunidades y las empresas de esa región.

También el tema de esta capacitación ha sido acordado entre el mismo tutor francés y el Dr. Bruno Chinè, coordinador por el ITCR. El campo de la investigación ha sido establecido en eco-diseño y reciclaje de productos plásticos y metálicos en la industria automotriz, electrónica y de packaging, campo en el cual el ENSAM de Chambéry cuenta con un importante desarrollo. Como caso particular de la investigación se ha considerado el proceso de reciclaje de materiales plásticos usados para la fabricación de partes del automóviles, ya que el Instituto cuenta con una colaboración industrial con la empresa francesa RENAULT. En el campo del reciclaje, el proceso industrial de separación, objeto de estudio e investigación por parte del ingeniero Benavides, ha sido finalmente el de flotación en columna por espumas, proceso tecnológico desarrollado y aplicado frecuentemente en el área del procesamiento de minerales. Se ha investigado la separación mediante flotación en columna de dos materiales plásticos comunes provenientes del desmontaje de paneles de automóviles, como son el material ABS (ACRYLONITRILE BUTADIENE-STYRENE) y el PVC (POLYVINYL CHLORIDE). Partículas de este material han sido flotados usando una celda experimental rectangular de laboratorio. Los dos materiales han sido primero triturados y preparados usando equipamiento de laboratorio y sucesivamente clasificados en diferentes clases granulométricas. Diferentes agentes espumantes han sido caracterizados y probados durante los ensayos, así como otras variables del proceso de flotación, entre las cuales la temperatura, la densidad y el agua de proceso. Otros aspectos de la investigación realizada por el ingeniero Benavides han sido el estudio del ángulo de contacto y de la adhesión de la partícula plástica con la burbuja de aire producida por los agentes espumantes. Finalmente han sido obtenidas diversas curvas de flotabilidad de estos materiales. Esta investigación representa un primer paso y se piensa continuar colaborando con el Instituto francés en estas actividades. Los resultados de la investigación han sido presentados en el curso de la reunión final del proyecto ALFA AMEPAR (Caracas, octubre 2005) y se piensa publicarlos próximamente en revistas científicas. Cabe recordar que durante la estadía en Francia, el ingeniero Benavides ha podido visitar importantes laboratorios de otras universidades francesas y de la Universidad Tecnológica de Delft en Holanda.

3.2 Estadía de actualización e investigación

El Dr. Bruno Chinè, coordinador de la red por el ITCR, ha realizado una estadía de actualización e investigación de cuatro meses en el Politecnico de Torino, desde abril a julio del 2004. El tema de la estadía se ha enmarcado en la ingeniería de materiales plásticos y en particular en el marco de un proyecto que el mismo Politécnico estaba desarrollando. Este proyecto se denominaba síntesis y caracterización de nuevos materiales poliméricos nanocompuestos lamelares para aplicaciones eléctricas y electrónicas, . Las actividades de investigación se han desarrollado en los laboratorios que el Politécnico de Torino tiene en el Centro di Cultura per l'Ingegneria delle Materie Plastiche de la ciudad de Alessandria. En particular el Dr. Bruno Chinè ha trabajado en la preparación de películas delgadas de materiales poliméricos termoplásticos y termoendurecibles dopados con arcillas, respectivamente investigando el proceso de fabricación de los termoplásticos mediante mezclado y prensado y el de los termoendurecibles mediante colada de resinas y curado con calor. Otro aspecto ha sido el de la caracterización de estos materiales mediante análisis por rayos X y análisis térmico-gravimétrico. La estadía ha sido muy provechosa, ya que ha permitido trabajar en investigación aplicada, conociendo de cerca estos nuevos materiales nanocompuestos así como las técnicas de laboratorio más actuales. Sobretudo ha sido importante evaluar la nuevas propiedades de estos nuevos materiales, entre las cuales la característica de reducir notablemente la velocidad de combustión del polímero dopado con arcilla. Justamente el procedimiento de dopaje con arcillas, que confiere al polímero propiedades de retardo a la flama, es sumamente interesante y novedoso, objeto actualmente de importantes labores de investigación en los centros más desarrollados.

Finalmente se piensa publicar próximamente los resultados de esta actividad en una revista científica.

3.3 Seminarios

Los seminarios de alta especialización realizados en el marco de este proyecto y que tienen relación directa con nuestra Universidad son seis: a) tres llevados a cabo en el ITCR por tres coordinadores extranjeros de este proyecto ALFA, respectivamente el Dr. Bruno DeBenedetti, el Dr. Hans-Jürgen Christ y la Dra. Eliana Isidorina Aqueveque Reydet de Delgado; b) tres impartidos en el extranjero por el Dr. Bruno Chinè, coordinador de la red por el ITCR.

a) Seminarios realizados en el ITCR

El primer seminario ha sido el de ANALISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES (LCA), desarrollado por el Dr. Bruno DeBenedetti del Politécnico de Torino en diciembre del 2001, coordinador principal de esta red ALFA AMEPAR. El seminario se desarrolla anteriormente a la aprobación del proyecto mismo, mientras se firma un acuerdo de colaboración científica con el mismo Politécnico y se está

gestionando este proyecto ante la Unión Europea. Los temas tratados por el Dr. DeBenedetti en el ITCR son: 1) Introducción a los criterios generales que regulan el análisis del ciclo de vida; 2) Focalización de los pasos involucrados en el análisis LCA; 3) Resultados obtenidos en Italia en algunos casos de estudio del sector mecánico-automotriz, electrónico y de las construcciones. Se puede considerar que este seminario nos introduce al ciclo de vida de los materiales, temática importantes pero en aquel entonces poco desarrollada en el ITCR y en Costa Rica mismo. A la conferencia participan, estudiantes y docentes de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales y profesionales de la industria e instituciones nacionales.

El segundo seminario ha sido a cargo del Dr. Hans-Jürgen Christ de la Universidad de Siegen, pudiendo contar con la colaboración del prof. Arne Ohrndorf siempre de la misma Universidad de Siegen. El seminario se realiza en el ITCR en setiembre 2004, durante la reunión de la red ALFA en Costa Rica y abarca tópicos relativos a fatiga y deterioro de materiales metálicos. En particular los dos docentes alemanes desarrollan los siguientes temas: 1) Deformación cíclica y fatiga de los aceros; 2) Respuesta cíclica del esfuerzo deformación de metales y aleaciones y modelación sobre una base microestructural; 3) Corrosión a alta temperatura, nitrificación interna de las aleaciones en base Níquel; 4) Comportamiento a fatiga termomecánica de materiales metálicos a alta temperatura; 5) Mecanismo de daño durante fatiga isotérmica de esponjas metálicas celulares. El seminario resulta ser de mucho interés para alumnos y docentes de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales, así como para profesionales y docentes de otras universidades nacionales interesados al tema.

El último seminario desarrollado en el ITCR ha sido a cargo de la Dra. Eliana Isidorina Aqueveque Reydet de Delgado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue de Argentina, llevado a cabo en setiembre 2004, siempre durante la reunión del proyecto en Costa Rica. El tema del seminario se ha enmarcado en el área de la energía y de su explotación, centrándose en el caso de los recursos petroleros. Los temas tratados por la Dra. Aqueveque han sido: 1) Tipo de yacimientos de gas y petróleo y técnicas de explotación; 2) Caso de los yacimientos de la Patagonia Argentina; 3) Nuevas tecnologías de generación energética. El seminario ha sido de interés para alumnos y docentes del ITCR, que han conocido además la importancia de los materiales empleados en la explotación y generación de la energía petrolera.

b) Seminarios realizados en el extranjero

El coordinador por parte del ITCR, Dr. Bruno Chinè, ha llevado a cabo tres seminarios, el primero en el Departamento de Ingeniería Química y de los Materiales del Politécnico di Torino de Italia, el segundo en la Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Institut de Conception, Mécanique et Environnement de Chambéry en Francia y el tercero en el Departamento de Maschinentechnik, Institut für Werkstofftechnik, Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung de la Universidad de Siegen en Alemania. El primer seminario ha sido realizado en abril de 2004, mientras los restantes dos seminarios han sido realizados durante el 2005, aprovechando las visitas de trabajo realizada a los dos ingenieros del ITCR que se encontraban becados en esas dos instituciones.

El seminario desarrollado en el Politécnico de Torino, en ocasión de la estadía de investigación en esa universidad, ha tratado sobre los procesos metalúrgicos de fundición de materiales metálicos, enfocando sobre: a) los procesos tradicionales; b) las nuevas tecnologías. El seminario, realizado conjuntamente al Dr. Bruno DeBenedetti del Politécnico de Torino, ha sido dirigido a alumnos de las carreras de Ingeniería en Materiales y de Diseño Industrial del mismo Politécnico.

Los otros dos seminarios han abarcado ambos la misma temática general, que en este caso es la de la separación de materiales mediante procesos centrífugos. En particular estos dos seminarios han tratado los siguientes temas: 1) Descripción del patrón de flujo en los separadores industriales de tipo centrífugos; 2) Mediciones de velocidad mediante técnicas de velocimetría láser Doppler ; 3) Caso del separador multietapas Tri-Flo para la industria de reciclaje de materiales plásticos; 4) Aplicaciones. A los dos seminarios han asistido docentes, alumnos de postgrado e investigadores de las dos instituciones mencionadas, pudiéndose constatar un notable interés en los temas presentados.

3.4 Intercambio de experiencia y difusión de resultados.

Los resultados y la experiencia adquirida en el proyecto se ha transferido y están en curso de transferencia dentro de la misma red ALFA, así como hacia la comunidad externa interesada a las herramientas LCA, al diseño ecológico y al reciclaje industrial de los materiales. Otro aspecto importante es la comunicación sobre estos temas que se brinda a los alumnos de nuestras universidades mediante las normales actividades académicas, como son cursos, trabajos específicos, investigaciones, etc.

En particular, por lo que concierne al ITCR en la red ALFA *AMEPAR* se han desarrollado las actividades que se describen a continuación.

a) Intercambio de experiencia

Básicamente, además de las actividades descritas en los párrafos anteriores 3.1 y 3.2, el intercambio de experiencia se ha llevado a cabo mediante reuniones de trabajo de la red ALFA, en la cual han participado todos los coordinadores de la misma red y, cuando posible, becarios y otros docentes presentes en la Universidad que hospedaba la reunión.

La primera reunión de trabajo se ha desarrollado en diciembre 2003 en el Politécnico de Torino, después de la comunicación por parte de la Unión Europea que el proyecto había sido aprobado. El propósito de esta reunión era el que los participantes a la red ALFA *AMEPAR* se conocieran, estableciendo buenas relaciones humanas y científicas entre ellos. Durante la reunión se: 1) realizaron presentaciones individuales por parte de los seis participantes a la red sobre la propia actividad y universidad; 2) analizaron en detalle aspectos del programa de la red *AMEPAR* así como la normativa que regula los proyectos ALFA ; 3) discutió sobre el plan de las actividades previstas; 4) analizaron asuntos administrativos y financieros para la buena marcha del proyecto.

La segunda reunión de trabajo se realizó casi un año mas tarde, en el mes de setiembre de 2004, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Participaron todos los miembros de la red y los asuntos que se analizaron fueron: 1) actividades comunes a desarrollar entre los participantes; 2) seminarios realizados y a realizar; 3) procedimiento de selección de los becarios para el 2005; 3) asuntos administrativos e informe del primer año de actividades. Además durante la reunión se llevaron a cabo dos seminarios en el ITCR.

La tercera reunión de trabajo se realizó nuevamente en el Politecnico de Torino en marzo de 2005. El motivo de la misma era: 1) analizar los resultados obtenidos durante el primer año del proyecto; 2) resolver algunas dificultades administrativas del proyecto y 3) optimizar las actividades del año 2005. Durante la reunión se presentaron los informes de todos los participantes a la red, así como algunos resultados de las investigaciones que los becarios presentes en el Politecnico de Torino estaban realizando. En el caso particular del ITCR además, se aprovecho el viaje para realizar el seminario en Chambéry y analizar en detalle, conjuntamente a los dos respectivos tutores, el trabajo de investigación que recientemente habían comenzado los dos ingenieros del ITCR becados en Francia y en Alemania.

La reunión final del proyecto *ALFA AMEPAR* fue organizada por la Universidad Simon Bolivar de Caracas a finales de octubre del 2005 . Durante la misma reunión:

1) se presentaron los reportes finales de las seis universidades participantes de la red; 2) se presentaron los resultados finales de las investigaciones realizadas por todos los becarios del proyecto; 3) se discutieron asuntos administrativos y financieros por el buen cierre del proyecto. En el caso del ITCR se observó, por parte de los respectivos tutores, que el trabajo de los dos becarios había sido muy satisfactorio y que era provechoso continuar colaborando en estos temas de investigación.

b) Difusión de resultados

Debido a las características propias del proyecto, la difusión de los resultados en el sentido más amplio y la experiencia adquirida en el proyecto se transfieren directamente dentro de la misma red ALFA entre los investigadores participantes, sucesivamente hacia las comunidades interesadas sobre LCA y diseño ecológico que tienen relación con las universidades de la red, a los alumnos pertenecientes a los programas académicos que se ejecutan en las instituciones participantes y finalmente mediante publicaciones y reportes científicos en revista internacionales y presentaciones a congresos.

El proyecto se puede considerar como un primero e importante vehículo o semilla para el desarrollo de estas temáticas, al haber proporcionado herramientas concretas para que investigadores de diversas universidades trabajaran en el tema común de materiales, reciclaje, LCA y diseño ecológico. La movilidad misma de los investigadores en el proyecto y las eventuales relaciones de investigación y/o estudio que de este puedan desarrollarse, fomentaran también en el futuro cercano la difusión de resultados actuales y venideros.

Con relación al ITCR, la difusión de los resultados obtenidos en el marco de este proyecto se realiza primeramente mediante los seis seminarios descritos anteriormente, sucesivamente con presentaciones varias que los mismos investigadores realizan durante sus normales labores académicas y finalmente con reportes y publicaciones científicas que cada uno de los tres participantes por el ITCR tienen previsto desarrollar (se estiman 4-5 publicaciones científicas). Por parte de la Unión Europea que financió el proyecto y del Politécnico di Torino que tuvo la coordinación principal de la red se publica información, entre otras, en las siguientes paginas de la red Internet y revistas electrónicas :

<http://www2.polito.it/ricerca/amepar>

http://europa.eu.int/comm/europeaid/projects/alfa/information/compendium_es.pdf

Alfaflash, newsletter del programa ALFA "América Latina Formación Académica", n° 20 marzo 2006

Aquí mismo está previsto publicar también los resultados del proyecto, de acuerdo a como se vayan desarrollando.

4. Resultados obtenidos por la componente Instituto Tecnológico de Costa Rica

Los resultados del proyecto que directamente se relacionan con el ITCR, pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- a) tres docentes de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales que han desarrollado actividades de investigación en instituciones europeas por un total de veintidós meses;
- b) seis seminarios de alta especialización desarrollados por la misma Escuela;
- c) cuatro-cinco entre publicaciones científicas en revista internacionales y presentaciones a congresos;
- d) varias presentaciones sobre diferentes temáticas del proyecto que se desarrollan durante las normales actividades académicas de los participantes al proyecto;
- e) proyección del ITCR en la comunidad académica internacional del área de la ingeniería de materiales;
- f) posibilidad de estrechar lazos con las universidades de la red para futuros proyectos de investigación y entrenamientos.

5. Conclusiones

El proyecto tenía el objetivo de llevar a cabo actividades de movilidad de investigadores, investigación y entrenamiento avanzado en las seis instituciones de la red ALFA en un tema bastante amplio como es el del diseño-ecológico y de la producción más limpia, con atención especial al soporte industrial, al análisis de nuevas

soluciones y a la planificación del ciclo de vida del material (LCA). A conclusión del proyecto consideramos que no solamente los objetivos así declarados se han alcanzado satisfactoriamente, sino que también, mediante una participación activa, se han obtenido importantes ventajas para la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales, en particular para los docentes y en última instancia para los alumnos, últimos anillos de una cadena de transferencia de conocimientos.

6. Agradecimientos

Se agradece la Unión Europea a través de su programa ALFA "América Latina Formación Académica", a las universidades participantes de la red ALFA *AMEPAR*, al Politécnico de Torino por sus labores de coordinación y finalmente por el apoyo brindado a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y a la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica.