

Ejemplo para un saneamiento ecoeficiente con reuso total de efluentes y biosólidos tratados, aplicado en el Colegio San Christoferus – Lima



Dra. Heike Hoffmann

heike@rotaria.net

Tel. 01-2734588

Resumen:

El Colegio San Christoferus, con una población equivalente a 70 habitantes, dispone de un saneamiento integral de 100% de tratamiento y reuso de residuos líquidos y sólidos, que corresponde a la máxima de ecoeficiencia. El Colegio ubicado en el distrito de Chorrillos en Lima, es un centro educativo que se dedica a la enseñanza de niños con habilidades especiales. El centro cuenta con un área de 0,6 hectáreas, pero las actividades han estado limitadas por mucho tiempo por causa de necesidad de riego para mantener las áreas verdes. La situación se mejoró significativamente, desde el año 2007, cuando el Colegio empezó a realizar el proyecto integral de saneamiento ecológico. Hoy cuenta con tres humedales artificiales de tipo WTL-ROTÁRIA y recupera a cada día aguas grises y negras tratadas para el riego de un área 6 m³. Con menos uso de agua potable, las áreas verdes se han aumentado en un 50%, se ha construido un nuevo campo de juegos terapéuticos y ha plantado árboles, césped, plantas ornamentales y fructíferas. Además fueron implantados dos baños ecológicos secos con separación de orina y deshidratación de heces y diferentes tipos de compostaje, entre ellos un filtro de compostaje para el pre-tratamiento de aguas negras y el sistema ECOSILO ALKE para el tratamiento de basura orgánica de la cocina. Todos los productos son reutilizados para fertilizar el suelo, el Colegio no libera ningún efluente, ni lodos, ni basura orgánica y en cambio crea un área verde y fértil debido al re-uso de las aguas residuales y residuos orgánicos tratados. El objetivo del colegio es dar una muestra de como proyectos sostenibles y eco-eficientes de saneamiento pueden mejorar la situación ambiental en zonas desérticas, sin costos adicionales para los fertilizantes y aún más reduciendo el uso de un valiosísimo recurso natural, como es el agua potable.

Palabras Claves: Saneamiento Sostenible, Aguas negras y grises, Humedales artificiales, Compostaje, Reutilización

1. Objetivo del proyecto

- Reducción del uso del agua potable, ahorro de agua para fines que exigen la potabilidad.
- Aumento de las áreas verdes, producción de frutas, verduras y aprovechamiento para la educación
- Demostración de un sistema eco-eficiente que cierra el círculo entre la agricultura y el saneamiento de una manera segura, reutilizando el 100% del agua y de los nutrientes liberados.
- Sistema eco-eficiente adaptado a las condiciones específicas de Lima.

2. Localización y condiciones generales

Lima se sitúa en una de las áreas más secas del mundo, 1.5 millones de habitantes están obligados a utilizar menos de 20 L de agua por día. Por otro lado sólo el 9% de las aguas residuales reciben un tratamiento, el resto es descargado en el mar sin tratamiento o utilizado directamente para la irrigación agrícola, mientras en los parques y otras áreas verdes en el centro de ciudad muchas veces se irriga con agua potable. Las posibilidades de la reutilización segura de las aguas residuales tratadas son poco conocidas y las prácticas del ahorro del agua no son comunes. El precio del agua potable en la red pública es, hoy en día demasiado bajo. El proyecto implantado entre el 2007 y 2008 muestra que el uso más económico del agua y el re-uso de productos de un saneamiento eco-eficiente pueden mejorar la calidad de vida y a la vez ayudar a mantener un ambiente verde, así sea en las condiciones de una región desértica y urbana como Lima.

3. Tecnologías aplicadas

El colegio cuenta con 6 casas separadas, centralizadas en dos localizaciones. La necesidad de la irrigación favorece la decisión para dos sistemas de tratamiento independientes, en ambos casos fueron implantados humedales artificiales de flujo vertical de tipo WTL-Rotaria. Un humedal trata las aguas grises, que son casi libres de bacterias fecales y fácilmente pueden ser tratadas y reutilizadas. El segundo humedal trata las aguas negras, que necesitan de un tratamiento más exigente. Los humedales necesitan de un pre-tratamiento adecuado por el tipo del efluente. Los humedales de flujo vertical adicionalmente necesitan de un tanque con capacidad de almacenamiento al efluente, dado que la alimentación del humedal vertical siempre ocurre en intervalos.

En el caso del Colegio San Christoferus **las aguas grises** vienen de una lavandería, de una panadería y de una cocina central. Como pre-tratamiento se ha instalado una **trampa de grasa** que separa las grasas flotantes y sedimenta los restos de la comida que viene junto al agua de la lavandería. Las aguas grises pre-tratadas son bombeadas en 3-6 intervalos (regulado por un nivel y tiempo) por día y distribuidos en la superficie del humedal, donde pasan hasta el fondo por gravedad (flujo vertical) y son recolectados por un drenaje que esta conectado con el pozo de riego.



Trampa de grasa, pre-tratamiento de efluentes de la cocina y panadería



Humedal para el tratamiento del aguas grises después de 2 meses



Calidad de aguas grises tratadas, agua de riego

Las aguas negras vienen de 12 baños del Colegio (incluso duchas y lavaderos). Antes de pasar al humedal las aguas negras siempre necesitan de una separación de sus sólidos, la cual muchas veces es realizada en un tanque séptico de 2 cámaras. En el caso del Colegio se ha instalado una alternativa más económica y ecológica: un **filtro de compostaje**, donde el agua negra cruda pasa por una cesta de malla llenado con pajas. Los sólidos se acumulan dentro de esta cesta y la fase líquida pasa por abajo del fondo de la cesta hacia un tanque. La unidad tiene dos filtros de compostaje, una en estado de operación y la otra desactivada para terminar el proceso de compostaje de sólidos. Cada caja es equipada por un tubo de ventilación para garantizar el proceso aeróbico. El producto, cuando esta seco y estable, es sacado y pos-tratado en un compostaje con lombrices.



Adicionalmente se ha implantado un Baño Ecológico Seco (para su uso en el nuevo campo de juegos terapéuticos y educativos).

El Baño Ecológico Seco cuenta con dos áreas (Varones y Mujeres), cada una con dos inodoros fijos, equipado por un solo asiento (fibra de vidrio) para la separación de orina. Debajo de cada inodoro se encuentra una caja ventilada donde las heces se secan. Cuando una caja se llena, se utiliza la otra y el asiento de separación se cambia de una inodoro a otro. Así se garantiza que el material sacado ya no hace contacto con nuevas heces de 6-12 meses. La orina es recolectada, separada y reutilizada en el jardín para fertilizar el suelo, mientras que las aguas grises son tratadas por separado en un pequeño humedal con bambú e infiltrado directamente al suelo.



4. Reutilización

La escuela hoy en día consume la mitad del agua que utilizaba anteriormente, porque reutiliza 1-2 m³ de aguas grises y 4-5m³ de aguas negras tratadas por día para el riego de las áreas verdes, césped, de los árboles frutales y flores. El área verde, fértil y el riego han aumentado significativamente.

Todo el material orgánico de la cocina, del jardín y de los filtros de compostaje es reutilizado como compost para mejorar la calidad del suelo. Asimismo la orina, que es separada en las 2 unidades de los Baños Ecológicos Secos, es almacenado y después es utilizado para la fertilización de las plantas, flores y árboles.

La operación de los sistemas es organizada por el jardinero que vive con su familia dentro del área del Colegio y por los voluntarios, que viven y trabajan durante un año.



5. Datos básicos del proyecto

El tratamiento se proyectó inicialmente para atender a una población equivalente a 53 habitantes; el sistema de las aguas grises tiene una población equivalente a 23 personas; el sistema de aguas negras tiene una población equivalente a 30 personas. En el Perú todavía no existen muchos datos sobre la calidad de los efluentes separados en aguas negras y

aguas grises, por lo que se utilizó la publicación internacional sobre el tema para calcular la carga esperada.

Parámetro	Carga/persona · día (agua gris %reducción)	Agua negra (sistema 2)	Agua gris (sistema 1)	Total
Caudal diario	125 L	3.754 l/d	2.875 l/d	6.625 l/d
Carga orgánica DBO ₅	50 g/ hab/d (50%)	1.500 g/d	575 g/d	2.075 g/d
Carga orgánica DQO	90 g/ hab/d (50%)	2.700 g/d	1.035 g/d	3.735 g/d
Carga de N _t	10 g/ hab/d (25%)	300 g/d	58 g/d	358 g/d
Carga de P _t	1 g/ hab/d (25%)	60 g/d	12 g/d	52 g/d
Bacterias Coliformes fecales (BCF)*	1,7x10 ⁹ NMP/100ml (99,9%)	5x10 ¹⁰ NMP/100ml	<1000 NMP/100ml	5x10 ¹⁰ NMP/100ml

Tabla 1 – Cargas esperadas para aguas grises, negras y totales

Los dos sistemas de tratamiento de aguas servidas deben tener la calidad necesaria para la irrigación. La OMS exige concentraciones por debajo de 1.000 bacterias coliformes fecales por cada 100 ml y menos de un huevo de helminto por litro:

- El sistema de tratamiento de aguas grises garantiza esa calidad
- El sistema de tratamiento de aguas negras necesita una desinfección final para eliminar las bacterias resistentes (cloro o radiación ultravioleta)

La desinfección exige una eficiente reducción de carga orgánica, el humedal de tipo WTL- ROTARIA garantiza:

- Concentraciones de DBO₅ debajo de 20 mg/L y/o la reducción de 90% DBO₅
- Concentraciones de DQO debajo de 100 mg/L y/o la reducción de 80% DQO
- Concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales debajo de 25 mg/L

En el caso de reutilizar el efluente para irrigación, la eliminación de Nitrógeno (N) y Fosfato (P) no es necesario, porque sirve como fertilizante natural para el crecimiento de las plantas.

Tomando una dotación de 125 L de agua potable por persona y día según tabla 1, se espera una producción diaria de aproximadamente 6,6 m³ de aguas servidas por día; es decir 2,9 m³/d del tratamiento de aguas grises, y 3,7 m³/d del tratamiento de aguas negras. Como no hay datos sobre el consumo humano de agua en el colegio, se ha asumido una dotación de 125 L/d como límite, aunque las normas refieren hasta 200 litros de agua potable por persona y por día. Por otro lado, en el cálculo no se incluye el uso de agua potable para la irrigación, que en algunos casos pueden ser hasta 50% del consumo del agua potable total. El caudal de retorno de las aguas residuales es del 80% del total del consumo de agua potable, por lo que el caudal promedio de desagües es de 5 m³/d cuyos efluentes podrán ser utilizados para riego. Hay que prever una forma de mantener húmedo el humedal durante la época de vacaciones escolares pues los humedales no pueden estar secos.

Trampa de grasa: Resultó de un volumen necesario de 0,82 m³. Después de la separación de grasas todavía existirá la necesidad de un pozo, del cual será bombeada el agua en forma intermitente acorde con la alimentación del Humedal la cual recibirá un aporte mínimo de 3 veces al día. La caja con el volumen necesario es de 0,9 m³.

Filtro de compostaje: Construidos en subterráneos como 2 cajas de ladrillos, cada una con una profundidad total de 1,6 m y una superficie de 1,2m x 1,2 m. En el medio o al frente es localizado un pozo más profundo, para reunir a los efluentes filtrados, el pozo tiene una profundidad total de 2,3 m. Las cajas de compostaje y el pozo son impermeabilizadas hasta la altura de entrada de los desagües negras. El pozo es equipado con una bomba sumersa. Las dos cajas y el pozo son cerrados con tapas removibles de concreto / madera, perforadas con tubos de ventilación para cada caja.

Los dos humedales son de flujo vertical alimentados intermitentemente con pulsos y son dimensionados sobre la base de caudales y concentraciones de efluentes esperados. El área superficial necesario se calcula a partir del DBO_5 (tabla 1) la que se ve reducida en un 10% en el sistema de aguas grises debido a la trampa de grasa (sólo de cocina), y en un 35% para el sistema de aguas negras debido al filtro de compostaje.

El Humedal para el tratamiento de aguas grises recibe una carga orgánica de 0,575 kg BOD_5/d (tabla 1), resulta una área superficial de 21,6 m^2 . La profundidad total es de 1,1 m. La geomembrana de PVC (1mm) garantiza su impermeabilización. Dos especies de Papiros son plantados en la cama de arena, mientras que el agua gris pre-tratada es bombeada por un tubo de agua para la superficie del humedal. La distribución se realiza con 3 tubos de agua, los cuales son manualmente perforados y al final son cerrados con capas removibles. El agua tratada se junta en el drenaje del fondo, es un tubo de desagües el cual es perforado manualmente. En el lugar, donde el dren perfora la geomembrana de PVC, la geomembrana debe ser pegada con al tubo, para evitar la pérdida indeseable de agua. En su otra extremidad el dren debe estar conectado con la superficie a través de un codo y un tubo de control. El tanque de riego con las aguas grises tratadas tiene una capacidad de aproximadamente 2,5 m^3 .

El Humedal para el tratamiento de aguas negras recibe una carga orgánica de 2,075 kg BOD_5/d (tabla 1), resulta una área superficial de 45 m^2 . La profundidad total es de 1,3 m. El funcionamiento de dos humedales es igual, el agua negra es pre-tratada en el filtro de compostaje y después bombeada y distribuida por 6 tubos de agua en toda la superficie del humedal. El tanque de riego tiene una capacidad de aproximadamente 5 m^3 . Se recomienda la desinfección antes de su reutilización en áreas con categoría A (OMS). La desinfección con rayos ultravioleta se realiza simultáneamente con cada bombeo; en caso de usar cloro como desinfectante se puede dosificar en el mismo pozo de irrigación.

Baño Ecológico Seco: Fueron instalados dos baños separados, cada uno de 1,6m x 1,5m (2,3 m^2), equipado con un lavadero para lavarse las manos, dos inodoros de hierro y cemento y dos tubos de ventilación (DN 4"). Sólo el inodoro utilizado tiene un asiento con separación de orina (fibra de vidrio). Cada baño cuenta con dos cámaras, separadas abajo donde las heces se acumulan, su volumen usable es de 210 L (0,6 x 0,7m, con una profundidad de 0,5 m), las cámaras son cerradas con compuertas de metal. El baño de varones tiene adicionalmente un urinal sin agua.

6. Costos

Las diferentes partes del proyecto (aguas grises aguas negras, Baños secos ecológicos) fueron financiados por diversas donaciones y el apoyo por los mismos voluntarios.

Los costos de los materiales para la implantación del sistema de tratamiento de las aguas grises con la trampa de grasa para el tratamiento previo, el pozo de bombeo, la bomba sumersa, el humedal y el tanque de riego, dan aproximadamente un valor de S/. 8,000 Nuevos Soles.

Los costos de los materiales para la implantación del sistema de tratamiento de las aguas negras con dos filtros de compostaje (cada uno con dos cámaras y un pozo de bombeo) una bomba sumersa, el humedal y el tanque de riego, dieron una suma alrededor de los S/. 14,000 Nuevos Soles.

Los costos de los materiales para los dos baños ecológicos secos con la infiltración de aguas grises y colección de aguas amarillas (orinas) arrojaron alrededor de los S/. 4,000 Nuevos Soles. El baño fue adaptado para las necesidades de los niños especiales, lo produjo mayores gastos.

7. Experiencias prácticas y comentarios

Histórico: El proyecto fue iniciado por el Colegio San Christoferus, siendo el responsable del diseño, supervisión e instalación la Empresa Rotaria del Perú SAC, las primeras etapas de implementación fueron hechas por un grupo internacional de voluntarios jóvenes. La búsqueda de los materiales adecuados para este proyecto no siempre era fácil, lo más difícil fue encontrar el tipo de arena para el humedal, la cual debe ser totalmente libre de polvo, finalmente se escogió un tipo de arena que viene del Río Lurín.



Los sistemas de compostaje para los restos de jardín y la basura orgánica de la cocina ya estaban implantados anteriormente, para la basura orgánica de la cocina son utilizados 7 Ecosilos de la empresa ALKE, Lima. La buena experiencia en el proceso biológico de compostaje y la reutilización del producto compost fue provechosa para convencer al colegio de la posibilidad de un tratamiento ecológico con reutilización de efluentes.

A partir del primer día las aguas grises y negras tratadas eran de óptima calidad y el riego posibilitó la realización de un campo realmente verde. Cuando aparecía a necesidad de más un baño para este campo, la decisión por un Baño Ecológico Seco fue evidente, es el sistema más ecológico y económico que evita la contaminación de agua en vez de tratarla después.

Recién un tercer humedal empezó su operación, tratando las aguas negras de una casa junto al terreno del colegio. La capacidad del sistema de aguas grises existentes es suficiente para tratar la carga adicional. El saneamiento integral del Colegio San Christoferus atiende ahora una población equivalente a 70 habitantes.

Eco-saneamiento: Las tecnologías de Ecosan con el objetivo principal de la reutilización siempre necesitan de suficiente experiencia y conocimiento, especialmente donde todavía no están estandarizados. En el caso de los humedales, por ejemplo el proyecto debe reconsiderar las condiciones específicas, en primer lugar la necesidad de oxígeno para garantizar la eficiencia del proceso. Las sobrecargas deben ser evitadas porque provocan colmataciones del humedal. Además los materiales y la construcción necesitan de un control profesional, para evitar problemas irremediables, como la perforación de la geomembrana de PVC o el uso de arena no adecuada (demasiado fina, con polvo o demasiado gruesa) o problemas en la distribución del efluente, en la posibilidad de controlar y limpiar los drenos o la utilización de plantas no adecuadas. Así el proyecto de Baño Ecológico Seco también necesita ciertas consideraciones, la higiene y el confort deben ser garantizados, como también el tratamiento y reutilización segura de tres productos: heces, orina y aguas grises.

Separación de efluentes grises y negras: Los proyectos de eco-saneamiento están orientados en la separación del efluente para garantizar un tratamiento más económico, pero aún al Perú le faltan experiencias en lo que respecta a caracterización de efluentes separados. Las cargas orgánicas y hidráulicas de aguas grises y negras varían de acuerdo con las normas para aguas residuales. En el caso del colegio por ejemplo el consumo del agua total fue calculada correctamente, pero sólo el 1,5 m³/día de aguas grises eran

producidas y por el otro lado sólo el 4,5 m³/día de aguas negras. La sobre producción de las aguas negras estaba causada por sifones y grifos en el WCs que no estaban cerrados correctamente. Además el flujo elevado de aguas negras disolvió muchos sólidos en el pre-tratamiento (filtro de compostaje) que se transportó al humedal, causando así también una carga orgánica elevada. Para la mejor control de la carga la superficie del humedal está dividida en tres partes que pueden ser operadas independientes, esto se ha probado para controlar la colmatación. Mismo con sobrecarga la calidad del efluente es excelente, transparente, sin olor.



Baño ecológico seco: cajas con compuertas de metal para sacar los productos secos

Sistema de distribución en el humedal de tratamiento de aguas negras, válvulas para controlar la colmatación

Desperdicio de agua potable: Un año después de la implantación de humedales, todos los sifones en los waters de baños fueron substituidos por un nuevo producto de Rotoplast, es un sifón que ahorra agua, tiene dos opciones de descarga y adema cierra mejor. En el resultado la producción de desagües negros se redujo casi a un 50% (3m³ al día) y la operación de humedal se simplificó significativamente. Esa experiencia también muestra el potencial inmenso del ahorro del agua en Lima, donde 15 L por descarga todavía es totalmente “normal” y además los water nunca cierran correctamente.

Filtro de compostaje El pre-tratamiento de aguas negras en un filtro de compostaje es muy recomendable para los climas calientes, especialmente para el pre-tratamiento de desagües negros concentradas (separación de aguas grises). El producto después de 3 - 4 meses de seco y ventilación (sin carga nueva) parece un composto muy fértil, no huele, el post-tratamiento con lombrices es para garantizar mejor su calidad. Ciertamente no es recomendable reutilizar este compost para verduras que se comen crudas, pero sin embargo es un producto valioso que no contamina el medio ambiente como por ejemplo el lodo anaeróbico del tanque séptico. El único problema del filtro de compostaje es la necesidad de la operación; cada semana se debe colocar un poco de paja en el filtro activo, y se observó que la mayoría de las personas quieren evitar esta actividad.

Operación: La aversión personal contra la operación de instalaciones sanitarias descentralizadas es el mayor problema en países, donde el tratamiento de aguas residuales es casi ausente, por lo menos no es parte de la cultura actual. Un punto es que este trabajo es considerado como “sucio”, no calificado y en verdad necesita de su consentimiento. Otro punto es, que las consecuencias de la contaminación ambiental o falta de saneamiento esta mal entendido como un problema personal o como un problema que puede ser cambiado con actividades propias. Tercero es un factor en donde las costumbres son muy dominantes. Cuando falta agua para el riego es más fácil abrir un grifo y utilizar el agua potable, que operar un sistema de tratamiento, además si todas las personas hacen lo mismo y los precios del agua potable posibilitan el desperdicio.

Aceptación sociocultural: Asimismo algunas personas observaron el proyecto durante el tiempo de construcción con cierta desconfianza, primero mencionaron el peligro de los

accidentes para los niños y más adelante el olor que emanaría de las aguas residuales, e una vez que todos miraron el filtro del compostaje de las aguas negras aun así se siguieron quejando y pronosticaron peores problemas de olor para el verano. Pero el verano pasó y las plantas en los humedales crecían, no hubo aguas residuales visibles, el efluente estaba transparente y así los empleados que no tuvieron que manejar el sistema simplemente se olvidaron del asunto. Lo mismo ocurrió con el Baño Ecológico Seco, que después de dos meses está siendo usado como cualquier otro baño y que también el problema de limpieza es igual como en otros baños públicos.

Análisis químicos y biológicos: El control de tratamiento, sin duda, exige análisis, pero el problema era poder encontrar un laboratorio calificado para este tipo de análisis. La tabla 2 muestra los resultados de 2 diferentes análisis del mismo laboratorio, los cuales fueron sacados de la entrada y salidas de los humedales.

Parámetro	Día	Aguas Grises		Aguas Negras	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
DBO ₅ (mg/L)	29.10.2007	663	107	459	103
	12.11.2007	138	23	255	42
DQO (mg/L)	29.10.2007	1225	230	980	220
	12.11.2007	206	46	348	120
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	29.10.2007	30.000	460	6.300	520
	12.11.2007	3.500	160	64.000	120
Coliformes Totales (NMP/100ml)	29.10.2007	-	-	-	-
	12.11.2007	26.000	1.200	180.000	1.500
SAAM (mg/L)	29.10.2007	0,86	0,75	-	-
	12.11.2007	0,69	0,18	0,37	0,07

Tabla 2 – Resultados 2 diferentes análisis del mismo laboratorio

Se observó que ni los primeros resultados y tampoco los resultados de una repetición, pudieron ser considerados creíbles, ya que los primeros resultados (DBO₅ /DQO) eran muy altos y los segundos resultados eran demasiado bajos, y los Coliformes nunca combinan las experiencias internacionales. Es imposible que los Coliformes Fecales en aguas grises son 5 veces mas altos de que en aguas negras, además es imposible, que aguas negras después de pre-tratamiento tengan una concentración de bacterias fecales por debajo del 10⁴. Además la repetición difiere hasta el factor 10 del primer resultado, sin embargo no se ha cambiado la operación de las plantas durante esas dos semanas, tampoco la apariencia visual de la calidad de los efluentes. En el momento el colegio esta procurando soluciones alternativas para realizar los análisis necesarios.

8. Conclusiones

Los objetivos iniciales del proyecto están cumplidos. Se trata de un dos primeros proyectos realizados de eco-saneamiento en el Perú, el ciclo entre saneamiento y fertilización de suelo esta totalmente cerrado, todos los productos realmente son reutilizados. Además es un proyecto que se desarrolla activamente con la participación, aprendizaje y actividad de las personas que viven o trabajan en el colegio.

Los participantes han aprendido que los proyectos descentralizados de eco-saneamiento exigen un cierto tiempo de acompañamiento, por lo menos un año de explicaciones frecuentes, orientaciones y la ayuda técnica activa, antes de que se adopte la operación de las instalaciones nuevas y se acepte el trabajo adicional.

Siempre debe ser considerado, que un sistema de tratamiento, que antes no existía, va a crear nuevas necesidades, y en primer lugar será la necesidad de operación y control.

Para la sostenibilidad de sistemas de saneamiento es extremadamente importante que las plantas funcionen estables. Los proyectos deben ser realizados por profesionales que saben evitar los problemas típicos y siempre considerando la necesidad de la operación de los sistemas sanitarios en sus proyectos.

El proyecto ayudó al colegio San Christoferus a desarrollar más actividades con la participación de los mismos niños especiales, que antes estaba seriamente limitada debido a las áreas absolutamente polvorientas. Ahora todo el área esta diseñado con un nuevo patio en una zona verde. Obviamente esto gusto a los profesores y a los niños y los motivos a poder estar fuera de las aulas de clase y aprovechar al máximo la naturaleza.



Ahora se puede descansar en un ambiente verde y fértil (madre e hija)



Niños de otro colegio durante su visita en San Christoferus, aprendizaje alternativa

Además este es un proyecto de educación ambiental, que es una muestra a otras colegios, profesores, estudiantes, autoridades públicos, arquitectos, ingenieros y a empresas privadas, que el ahorro del agua potable y la reutilización de las aguas residuales y de las basuras orgánicas tratadas es posible sin perder el confort y que el mismo saneamiento seco no necesariamente significa menos seguridad higiénica.

Los proyectos como estos son ejemplos importantes para toda la costa peruana y además cuentan con un excelente ejemplo para un saneamiento eco-eficiente.