الإستدامة وإعادة التدوير - دراسة خاصة بنظم الإنشاء المستدامة

دكتورة/ نشوي يوسف عبدالحافظ[١] ، مهندس/ أحمد عشري حسن[٢]

ملخص البحث

يتناول البحث أحد المجالات التي فرضت تواجدها في الأونة الأخيرة وهي العلاقة التبادلية بين نظم الإنشاء المستدامة وإعادة التدوير لموادها ومدي تأثير هذا التدوير علي البيئة المحيطة والأجيال المستقبلية.

مما يشير إلي ضرورة الإهتمام بدراسة النظم الإنشائية الحديثة المستدامة وعلاقتها بإعادة التدوير، بالإضافة إلي تبني نظم إنشاء تزيد من عملية التدوير وتطوير أفكار تقوم علي تقنيات التفكيك والفصل بدلاً من الهدم والتحطيم إلي جانب الإهتمام بتطوير الأنظمة الإنشائية الغير تقليدية التي تقوم علي مواد ذات إمكانية إعادة تدوير عالية والمواد الطبيعية المتجددة، مع الإستفادة من التجارب السابقة والرائدة في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: إعادة التدوير، نظم الإنشاء المستدامة.

١ - مقدمة

بدراسة العلاقة بين نظم الإنشاء وإعادة التدوير نجد أنها الوسيلة الفعالة للحد من إستخدام المواد المستهلكة للطاقة بدلا من التخلص من أطنان من هذه المواد، و يمكن إستخدام كميات منها لعمليات البناء، وكذلك سوف يساعد في تحقيق الحد من النفايات ويعمل علي التحرك للأمام نحو تحقيق الإستدامة.

٢ - إشكالية البحث: تكمن إشكالية البحث في عدم توظيف معظم الدراسات الخاصة بتطوير الفكر المعماري لإختيار أسلوب الإنشاء المناسب بيئياً وإقتصادياً، والأكثر أهمية أن يكون مستداماً ويمكن تدويره من أجل عدم الإضرار بالأجيال المستقبلية والحفاظ علي الموارد الطبيعية وتفعيل مبدأ الإستدامة.

٣ - الهدف من البحث: يتمثل هدف البحث في محاولة الربط بين نظم الإنشاء وإعادة التدوير بفكر مستدام مواكب للظروف الحالية والمستقبلية، مع الوصول لمجموعة من الإسس التي يمكن إتباعها وإستخدامها لتفعيل إعادة التدوير.

٤ - محددات البحث تتمثل في:

١ - التركيز علي بعض مواد الإنشاء المستدامة وكيفية تفعيل إعادة التدوير لهذه المواد.

٢ - دراسة الأنظمة الإنشائية المستدامة التي تؤثر بالإيجاب من خلال المقارنة والتحليل.

٥ - منهجية الدراسة

إتبع البحث منهج الرصد حيث وذلك من خلال أسلوب الرصد والإستقراء للدراسات السابقة التى تدرس مواد الإنشاء وكيفية تدويرها، ثم يتعرض البحث للمنهج التحليلى والتحليلى المقارن والذي يشمل الوصف المعماري لمجموعة من المباني ثم يتم إستخلاص عناصر التأثير من خلال جدول للتحليل.

٦ - إعادة التدوير للمواد الأساسية لنظم الإنشاء

حيث تعتبر مواد نظم الإنشاء الأكثر شيوعاً اليوم قابلة لإعادة التدوير بعد إستخدامها كالخرسانة والحديد والخشب والبلاستك، ونجد أن عملية إعادة التدوير تساعد علي تقليل الطاقة في عملية الإنتاج مع تقليل الإنبعاثات الناتجة عن التصنيع، وعلية سنتوجة إلي توضيح إعادة التدوير للعناصر الأساسية لنظم الإنشاء:

أ - **إعادة تدوير الخرسانة:** يتم إعادة التدوير للخرسانة بإعادة تدوير الركام المستخدم بها الناتج عن الهدم، وبعد دراسة الركام المعاد تدويره في الخرسانة تلاحظ تغير في خصائص الخرسانة بعد إعادة التدوير.

ب - إعادة تدويرالصلب: الصلب هو المادة الأكثر إعادة للتدوير في أمريكا الشمالية حيث يتم تدوير الصلب بنسبة كبيرة جدا عن البلاستك والألمونيوم والزجاج وذلك لأن خردة الصلب هي مادة خام أساسية في صناعة الصلب الجديد.

٧ - إعادة إستخدام نظم الإنشاء

تعتمد عملية إعادة الإستخدام على أين وكيف يتم ذلك للمواد التي تستخدم مرة أخري كالأتي:

---

١ - قائم بأعمال رئيس قسم الهندسة المعمارية معهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا

٢- مدرس مساعد بمعهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا

* الحلقة المغلقة لإعادة التدوير والإستخدام للمواد التي تستخدم مرة أخري في نفس النظام المنتج.
* الحلقة المفتوحة لإعادة التدوير وإعادة الإستخدام، المواد تتجة إلي منتج نظام أخر ويتم تغيير خصائص المنتج الأصلي وعدم إستخدام هذة المادة في الإستخدام الأصلي (هنا المواد تكون تحت إعادة التدوير ولم يتم التركيز على إعادة الإستخدام).
* الحلقة الشبة مغلقة لإعادة التدوير والإستخدام، المواد تستخدم في نظام ومنتج أخر بدون تغيير خصائص المواد الأساسية (مثل الحديد والألمونيوم).

٨ - إعادة إستخدام الهيكل الخرساني

نجد أن معظم خرسانة التسليح يتم صناعتها بالموقع أو خرسانة سابقة الصب، ونجد أن الهيكل الخرساني بالموقع لا نستطيع إستخدامة مرة أخري بشكل كلي أو جزئي، ولكن يمكن إستخدام الركام بعد تحطيم الخرسانة مرة أخري في الخرسانات الجديدة، وغالباً ما يتم إستبدال الركام المعاد تدويره في الطرق لتوفير الركام الطبيعي، مع العلم أن حديد التسليح مادة يمكن إعادة تدويرها وبصفة عامة لابد من فصلة أثناء عملية الهدم، وسيتم طرح إعادة إستخدام عناصر الهيكل الخرساني في الفقرات التالية:

٨ -١ - تقييم الضرر: لا تستخدم عناصر من مناطق سريعة التآكل أو التأثر أو التي بها أجزاء مفقودة من القطاع الخرساني المهدوم، وتجنب الكمرات التي تحمل ثقوب في أماكن تركيز الإجهاد العالي، لا تستخدم الخرسانة سابقة الإجهاد في الكمرات والبلاطات ذات الشروخ أو الحديد المتآكل.

٨ -٢ - التركيز علي الوصلات: تجنب العناصر ذات الشروخ الواسعة في زاوية الأعمدة أو نقط الإتصال بالكمر، إتصال الحديد يجب أن يكون واصل بكل شرائح البلاطات كما هو بالجدول رقم (١).

جدول رقم١ - يوضح الوصلات بالهيكل الخرساني، المصدر: بتصريف من الباحثين٢٠١٨

الوصلات	الملائمة	الملاحظات
وصلات الصب والتسليح	أحيانا	دائما يتم ضرر كلا من العناصر ووصلات الحديد
اللحام	في الغالب مناسب	في الغالب يمكن إستبداله بلحام جديد أو وصلات جديدة
المسامير	مناسب	غالباً ما تكون سهلة القطع دون أي ضرر للعناصر الهيكلية

٨ -٣ - معرفة التاريخ: إذا كانت الرسومات والمواصفات الأصلية غير متوفرة، هنا يجب أن تبدأ برامج الأختبار، وتجنب إستخدام عناصر الهياكل من الكباري وما شابهة ذلك من الهياكل ذات الأحمال الحيوية بسبب أضرار التعب المتراكم، الرطوبة العالية قد تسبب مشاكل تآكل الخراسانة.

٨ -٤ - إعداد الوثائق: توضيح هيكل الموقع والمبني وعناصرة الأساسية التي تم إستخدامها به ، وكذلك تاريخ الإنشاء للمبني الأصلي ، وتقديم شهادة بالهيكل الخرساني المعاد إستخدامة بقسم العقارات ودرجة المواد كخصائصها كما هي محددة في المخططات أو الملاحظات العامة.

٩ - إعادة إستخدام المنشأ الحديد

تكلفة المواد الخام الغير متجددة أمر بالغ الأهمية لإستدامة تصنيع الصلب، وتم طرح الهيكل الحديد في الفقرات التالية.

٩ -١ - تقييم الضرر: لا تستخدم عناصر ذات مساحات متآكلة أو مفقود أجزاء منها وتجنب العناصر ذات الثقوب الموجودة في المواقع التي يتم حفر ثقوب حديدية فيها في النظام الجديد.

٩ -٢ - التركيز علي الوصلات: تجنب عناصر الهيكل المبنية ذات القطاعات ملحومة، ووصلات المواد الملحومة ربما تكون في أماكن يمكن تجميعها بشكل ثابت، وهو ممارسة جيدة للتحقق من جميع اللحامات الموجودة ذات التشققات، وجود ثقوب في أماكن المسامير لا بد من تحقيقها وفقاً للكود وكما هو موضح بالجدول رقم (٢).

جدول ٢ - يوضح الوصلات في الهيكل المعدني،المصدر: بتصريف من الباحثين،٢٠١٨

الوصلات	الملائمة	الملاحظات
لحام	غير ملائمة	لايمكن فصل العناصر بدون تدميرها
مسامير	أحيانا ملائمة	يوجد صعوبة في الفصل ما بين العناصر مما يؤدي إلي تدمير العناصر
المسامير والبراغي القياسية	غالبا ملائمة	يمكن بالفعل تلف أماكن الثقوب البرغي

٩ -٣ - معرفة التاريخ: إذا كانت الرسومات والمواصفات الأصلية غير متاحة، يجب البدء ببرامج الإختبار، وتجنب إستخدام العناصر من الهياكل أو ما شابه ذلك من الهياكل ذات الأحمال الحيوية بسبب أضرار التعب المتراكم، والنظر في إمكانية إرتفاع درجات الحرارة التي تؤثرعلى خصائص الفولاذ على أن يتم إختبار هذة المواد.

٩ -٤ - إعداد الوثائق: توضيح هيكل المبني والموقع الذي

تم إنقاذ أعضاءه، وبما في ذلك تاريخ المبني الأصلي، وتوفير شهادة عن إعادة إستخدام الصلب للعقارات مرة أخري، كما هو محدد في المخططات أو الملاحظات العامة.

١٠ - إعادة إستخدام الهيكل الخشبي

إسترجاع الإخشاب من الهدم تتطلب أيدي عامله كثيره عن الحديد والخرسانة لصعوبة المعالجة والخلط مع المواد الأخري وهو الي حد كبير يقلل من قيمة العنصر، فصل الأخشاب من النفايات المختلطه صعب جداً حتي ولو تم إستردادها، حيث أن تطبيقاتها الممكنه محدوده، ويعتبر الخيار الوحيد لإعادة الإستخدام وتدوير الخشب بالنظم الانشائية هو إختيار طريقة الهدم الصحيحة وتقييم قوة الأخشاب المستصلحة.

١٠ -١ - تقييم الضرر: تجنب الثقوب والشقوق والانحناءات والعناصر الانشائية المشدودة دائماً يقلل حسابات المقطع العرضي في الضغط، فحص الشقوق التي يمكن أن تكون مقبولة في حدود معايير التصنيف، ولكن لايوصي بإستخدام العناصر المهدمة التي بها هزازات أو زجاجات كما هو بالجدول رقم (٣).

جدول ٣ - يوضح الضرر في عناصر الأخشاب المعاد إستخدامها، المصدر: بتصريف من الباحثين، ٢٠١٨

الضرر	الأهمية	الملاحظات
ثقوب المسامير	معتدل	تقليل القطاع العرضي
الشقوق	شديدة حادة	تقليل القطاع العرضي يتطلب المعالجة
الهزازات (ذبذبات)		يقلل من الصلابة وتزيد من خطر الاضرار الحيوية
الكمرات في الحمولة الزائدة والتشققات	شديدة حادة	يقلل من الصلابه وتزيد من خطر الأضرار الحيوية
فحص (الشقوق)	معتدل	صعوبة تناسبها مع الهيكل الجديد
شكل التشوهات	معتدل	غالباً يتطلب المعالجة

١٠ -٢ - التركيز على الوصلات: إستخدام مسامير مزدوجة الرأس لربط الوصلات المعدنية والخشبية، إستخدام مسامير خشبية لربط الألواح الخشبية معاً ويتم توضيح الوصلات الخشبية بالجدول رقم (٤).

جدول ٤ - يوضح أفضل المسامير إستخداما في الهيكل الخشبي، المصدر: بتصريف من الباحثين، ٢٠١٨

الوصلات	الملائمة	الملاحظات
الوصلات اللاصقة	غير مناسبة	لايمكن فصلها دون إضرار العناصر
وصلات النجارة	مناسبة احياناً	يمكن أن تسبب شقوق في حالة إستخدامها في مكان مختلف
المسامير الدبابيس	مناسبة احياناً	المسامير سهلة في الإنحناء مما قد يؤدي إلي أضرار في للعنصر الإنشائي
المسامير القلاووظ	غالباً مناسب	نفس المسامير المستخدمة في النظام القديم لا يمكن إستخدامها مره أخري
مسمار لولبي/ والاوتاد	مناسبة	يجب التأكيد علي كل الثقوب

١٠ -٣ - معرفة التاريخ

إذا كانت شهادات الدرجات الأصلية غير متوفره يجب أن نبدأ برنامج الإختبار، وعلاج الأخشاب من الرطوبة وغيرها قبل إعادة إستخدامها، الأخشاب تفقد الليونة مع مرور الوقت وذلك في التطبيقات الهيكلية، حيث من المرجح أن يحدث فشل عند (إنحناء عنصر الهيكل الانشائي ويجب تجنب الصفوف الطويلة من البراغي).

١٠ -٤ - إعداد الوثائق

عرض هيكل المبني الذي تم إنقاذة من العناصر الخشبية والهندسية الأساسية مثل (غراء الجسور والألواح) بما في ذلك تاريخ بناء المبني الأصلي، تقديم شهادة عن إعادة إستخدام الأخشاب كما هو محدد.

١١ - منهجية الدراسة التحليلة

يستعرض هذا الجزء من البحث مكونات المنهجية المستخدمة في الدراسة التحليلية:

١١ -١ - أهداف الدراسة التحليلية

تهدف الدراسة من خلال تحليل نماذج من المشروعات التي تتبني الإتجاه البيئي المستدام لنظم الإنشاء إلي تحقيق مجموعة من الأهداف وهي:

١ - دراسة مواد البناء المعاد تدويرها وإستخدامها في تكوين نظام إنشائي مستدام للمباني محل الدراسة، وتأثيرها علي البيئة المحيطة وإقتصاد الدولة، وتوضيح نظم الإنشاء التي تحقق الإستدامة بدرجة أعلى.

٢ - دراسة تأثير مواد الأنشاء الأساسية علي تكوين النظم الأنشائية وكفاءتها في تحقيق الإستدامة مع كفاءة إعادة التدوير.

١١ -٢ -منهج الدراسة التحليلية

إتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والذي يسعي إلي الوصول إلي توصيف دقيق للظواهر، ولكي تحقق الدراسة الأهداف السابقة فقد إستخدمت عدة مراحل متتالية وهي كالتي (إختيار أساليب جمع البيانات وإعدادها، إختيار عينة الدراسة، وضع إطار لتصنيف البيانات، وصف النتائج وتحليلها وتفسيرها).

١١ -٣ - إختيار أدوات البحث: تم جمع البيانات والمعلومات عن طريق مجموعة من الأدوات وهي:

١ - جمع البيانات من المراجع الموثقة والمواقع الإلكترونية والمقالات العلمية.

٢ - جداول التحاليل المستخدمة في تحليل البيانات وإستنباط عناصر تأثير الإستدامة على نظم الإنشاء.

١١ -٤ - معايير إختيار عينة الدراسة: تم إختيار الأمثلة التي تحقق المعايير الأساسية التالية والتي تحقق بها أهداف الدراسة التحليلية كما يلي:

١ - إختيار مجموعة من المشروعات التي كان لها دور في إبتكار جديد في مجال نظم الإنشاء المستدامة.

٢ - إختيار المشروعات في مناطق وبيئات مناخية مختلفة لإستكشاف تأثير البيئات المختلفة علي نظم الإنشاء.

٣ - إختيار المشروعات التي يظهر تأثير استخدام المواد المدورة أو المعاد إستخدامها في نظم الإنشاء لتحقيق الإستدامة أو إستخدام نظم إنشاء غير تقليدية.

تم إختيار عدد ثلاث مشروعات معمارية بما يحقق أهداف الدراسة وهي كالتالي:

١ - ملعب كرة السلة - لندن London 2012 – Basketball Arena

٢ - المتحف المتنقل Nomadic Museum

٣ - كاتدرائية الكرتون Cardboard Cathedral

١٢ - النماذج التطبيقية

يتم تحليل عينات الدراسة من خلال دراسة مجموعة من العناصر التي تحقق أهداف البحث والتي تشمل الوصف المعماري للمباني وتأثير مواد البناء المستخدمة علي كل من الهيكل الإنشائي وعناصر تحقيق الإستدامة في هذة النظم، ثم يتم إستخلاص عناصر التأثير من خلال جدول للتحليل.

١٢ -١ - ملعب كرة السلة – لندن (London 2012 – Basketball Arena)

١٢ -١ -١ - وصف المشروع

موقع المشروع: Olympic Park, Stratford, London

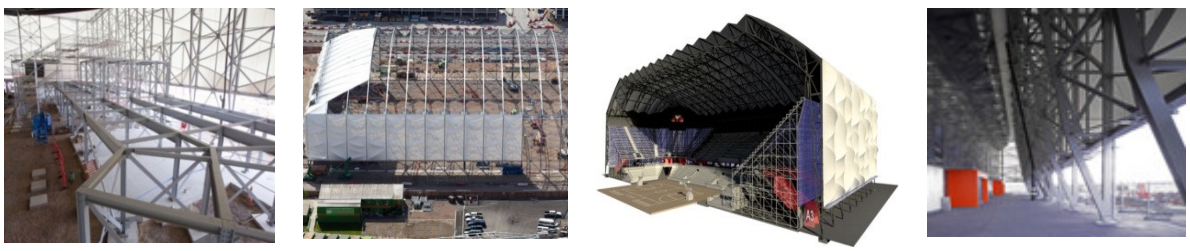
المصمم المعماري والإنشائي: Wilkinson Eyre Architects, London

التكلفة: ٤٩،٠٠٠،٠٠٠ يورو

١٢ -١ -٢ - الوصف المعماري والإنشائي

المشروع بطول ١١٥ متر وعرض ٩٦ متر وإرتفاع ٣٥ متر بمساحه ١١٠٤٠ متر مربع، ويغطي الهيكل من الخارج بـ٢٠،٠٠٠ متر مربع من القماش البلاستيكي المعاد تدويرة ويسع ١٢٠٠٠ كرسي وقدم المصمم أربعة حلول يتم من خلالها تحقيق التقليل في التكلفة بالإضافة إلي المحافظة علي البيئة وتم إختيار هذا البديل لأنه الأمثل وظيفيا وبيئياً، بالإضافة إلي أن المشروع يقدم فكرة التفكيك لإعاده إنشائة مرة أخرى في أي مكان آخر.

إعتمد الهيكل الإنشائي على فكرة التفكيك ليعطي مرونة في الإمتداد، حيث تكون الهيكل الإنشائي من مجموعة من الإطارات الحديدية التي تم تجميعها مع بعضها بتثبيت الوصلات بمسامير لسهولة تفكيكها وتكوينها مره أخري، وتكون الغلاف الخارجي للمشروع من نوع قماش معاد تدويره خفيف جدا مما يقلل الحمل علي الهيكل الإنشائي، وعليه فإن الهيكل الإنشائي إعتمد بشكل أساسي على الحديد في تكوين جميع عناصرة ماعدا الأساسات تم إستخدامها من الخرسانة ذات محتوي معاد تدويرة كما موضح بالشكل رقم (١).



شكل رقم ١ - يوضح الهيكل الإنشائي اثناء الإنشاء مع مكونات المبني والهيكل الإنشائي من الداخل بالإضافة إلي التغطية والتي يمكن الإستفادة منها داخل مصر

المصدر:- http://www.detail-online.com/article/london-2012-

١٢ -١ -٣ - ملامح تحقيق الإستدامة بالنظام الإنشائي

إستخدم المصمم الحديد في تكوين الهيكل الإنشائي للمشروع حيث إستخدم ما يقرب من ألف طن من الحديد المعاد تدويره في تكوين الهيكل الإنشائي، وقد إعتمد علي المسامير في تجميع الوصلات، مما أعطي إمكانية فك المشروع بالكامل ونقلة لمكان أخر، كما تم تغطية المشروع من الخارج بنوع تغطية خفيفة من القماش جميعها من مواد

معاد تدويرها، ومن هنا نجد أن الإعتماد الأساسي كان علي إعادة التدوير في النظام الإنشائي.

١٢ -١ -٤ - تأثير إستخدام المواد علي النظام الإنشائي

برع المصمم في إختيار نوعية التغطية التي تحمي المبني من الغلاف الخارجي لإستخدامة للقماش المشدود المعاد تدويره الذي ساعد بدوره في تخفيف الأحمال علي، كما أن إستخدام الحديد ساعدة في إمكانية توظيفة في العناصر الإنشائية بطريقة تساعدة علي تحقيق الإستدامة الإنشائية بإمكانية تفكيكة ونقل المشروع لموقع أخر ليصبح المشروع متواكب مع إحتياجات الموقع وتلبية إحتياجات المستقبل من خلال التوسعة المستقبلية.

١٢ -١ -٥ - إستراتيجيات الإستفادة من هذا النظام داخل مصر

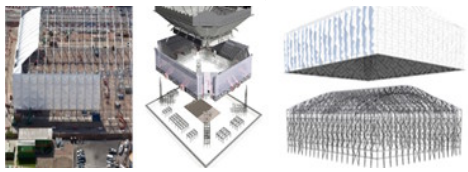
يمكن تطبيق فكرة تجميع الوصلات في جميع المباني من هيكل الحديد لتطبيق فكرة التفكيك بالمشروع.

١٢ -١ -٦ - معايير التقييم الخاصة بمشروع ملعب كرة السلة "المصدر: بتصريف من الباحثين، ٢٠١٨"

- معايير التقييم من حيث:

أ - المواد المستخدمة بالنظام الإنشائي

- المتانة: تم إستخدام الحديد وهو ذو متانة عالية شكل (٢).



شكل ٢ -يوضح الهيكل الإنشائي

المصدر:http://www.detail-online.com/article/london-2012

- كفاءة المواد مع مرور الزمن: المواد المستخدمة ذات كفاءة عالية مع مرور الزمن ولا تحتاج إلي صيانة دورية.

- الإقتصادية في المواد والطاقة: إعتمد المصمم علي مواد معاد تدويرها كالحديد وقماش التغطية، مما أعطي إمكانية في توفير الطاقة وإستهلاك المواد.

- مواد ذات تأثير بيئي معتدل (مواد صديقة للبيئة): تم إستخدام مواد عديمة التأثير السلبي علي البيئة مثل الخرسانة والحديد ومادة ETFE في تكوين غلاف المبني شكل رقم (٣).

شكل ٣ -يوضح المبني من الخارج،

المصدر:http://www.detailonline.com/article/london-2012

- إمكانية إعادة إستخدامها: المواد المستخدمة لم تكن مستخدمه من قبل ولكنها يمكن إعادة إستخدامها بعد إنتهاء المشروع.

- إمكانية تدويرها: جميع المواد من محتوي معاد تدويرة.

ب - الوصلات بالنظم الإنشائية: جميع الوصلات المستخدمة تم تجميعها بمسامير.

ج - النظام الإنشائي المستخدم

- التنفيذ: النظام الإنشائي المستخدم سهل التنفيذ حيث أن جميع الوصلات يتم تجميعها بمسامير مما أدي إلي بساطة التنفيذ.

- درجة تحقيق الوظيفة المطلوبة: يحقق الوظيفة المطلوبه بدرجه عاليه مع توفير الطاقة.

- إعادة تدوير العناصر الإنشائية: يمكن إعادة تدوير العناصر الإنشائية كاملة.

- إعادة استخدام العناصر الإنشائية: يمكن إعادة أستخدام جميع أجزاء المبني.

- الصيانة: لا تحتاج إلي صيانة دورية.

- التفكيك: يمكن تفكيكه بالكامل.

- مرونة التوسع المستقبلي: يمكن التوسعه المستقبلية عن طريق تكرار نفس المديول.

الخلاصة: إعتمد المبني علي إستراتيجيات تحقيق الإحتياجات المستقبلية من حيث تفكيك العناصر الإنشائية للمبني وتجميعها في مواقع مستقبلية، وتوظيف المبني مرة أخري بإعادة إستخدام عناصرة الإنشائية وهذا يساعد في ترشيد إستهلاك مواد نظم الإنشاء وتحقيق الإستدامة الإنشائية بتتطبيق فكرة التفكيك للمشروع .

١٢ -٢ - مشروع المتحف المتنقل– Nomadic Museum

١٢ -٢ -١ - وصف المشروع

- اسم المشروع: المتحف المتنقل

- موقع المشروع: متنقل

- المصمم المعماري والإنشائي: شيجيرو بان

- التكلفة: نسب متفاوتة حسب حجم المشروع.

١٢ -٢ -٢ -الوصف المعماري والإنشائي

تم توظيف عناصر التصميم بحيث تعطي الحرية الكافية لتغيير تصميم المتحف مع كل موقع جيد وتعتمد التجربة علي

الفكرة وليس الشكل فقط، ويتم تشوين الموقع بالحاويات ورافعة إلي المواقع التالية وما تبقي من حاويات يتم تركها وإستخدام حاويات أخرى من موقع المشروع لإستكمال المبني شكل رقم (٤)، وإعتمد في الإنشاء علي البساطة في التصميم ، فقد تم إستخدام ثلاث عناصر في الإنشاء فقط وهي الورق المقوي كأعمدة وعناصر تكوين الجمالون والكابلات لشد الجمالون وحاويات الشحن التي يتم رصها علي جوانب المتحف أربعة حاويات فوق بعض ويتم تثبيت الجمالون في زوايا الحاويات علي أن يتم شد الجمالون من أسفل بكابلات لنقل الحمل إلي الحاويات ومنها إلي الأرض ويتم تغطية الغلاف الخارجي بالقماش، ويتم تكوين أرضية المتحف من السقالات الخشبية.

١٢ -٢ -٣ - ملامح تحقيق الإستدامة بالنظام الإنشائي

إعتمد المصمم علي التصميم المتكامل مع البيئة المحيطة، والإستغلال الأمثل للموارد المتاحة محليا لتحقيق كفاءة المبني وتوفير الطاقة حيث أن معظم المواد معاد تدويرها كما في الورق المقوي (Paper Tube) في الأعمدة والجمالون والأخري معاد إستخدامها كما في حاويات الشحن كحوائط حاملة والحديد في الأساسات، تم توظيف النظام الإنشائي بطريقة بسيطة مما يسهل عملية التنفيذ والفك والتركيب، كما منح التصميم إمكانية التعديل في التصميم والأبعاد.

١٢ -٢ -٤ - تأثير إستخدام المواد علي النظام الإنشائي

روعي في تكوين النظام الإنشائي للمتحف إختيار مواد محلية معاد تدويرها والأخري معاد إستخدامها بما يحقق عوامل المتانة والأمان والإستجابة للإحتياجات المستقبلية وراعي المصمم أن تكون مواد النهو للأسقف خفيفة جدا من القماش للحفاظ من العوامل الخارجية مما منح المصمم خفة الوزن التي من خلالها تم توفير المواد والمرونة في التصميم

١٢ -٢ -٥ - إستراتيجيات الإستفادة من هذا النظام داخل مصر

يمكن الإستفادة من العناصر الإنشائية كالورق المقوي وحاويات الشحن في بناء التوسعات للمدارس والمباني الحكومية والمصانع كما يمكن إستغلال المواد المحلية المتوفرة بكثرة كالأحجار في البناء بدلا من حاويات الشحن علي أن يتم الحفاظ علي الموارد والتقليل من منتجات مواد البناء في الإنشاء وإستخدام مواد معاد تدويرها يمكن إستخدامها مستقبليا كما يمكن تطبيقة علي المباني السكنية من دور واحد كالشاليهات حيث قام المهندس شيجيرو بتصميم منزل صغير من الورق المقوي وذلك لتوافر المواد وقلة تكلفتها.

شكل ٤ - يوضح المكونات الإنشائية للمتحف: المصدر ، http://brainport.bwk.tue.nl/wp-content/uploads/2011 K hglwv

١٢ -٢ -٦ - معايير التقييم الخاصة بمشروع المتحف المتنقل"المصدر: بتصريف من الباحثين، ٢٠١٨'

- معايير التقييم من حيث:

أ - المواد المستخدمة بالنظام الإنشائي

- المتانة: إستخدم المصمم مواد ذات متانة نسبيا قوية في الورق المقوي ومواد ذات متانة عالية في حاويات الشحن شكل رقم (٧).

- كفاءة المواد مع مرور الزمن: نجد أن الورق المقوي من المواد التي أجري عليها أبحاث ووجد أنها تتحمل قوي ضغط وشد عالية وكذلك حاويات الشحن ولكنها تحتاج إلي صيانة دورية عند الحاجة.

- الإقتصادية في المواد والطاقة: جميع المواد المستخدمة مواد محلية معاد إستخدامها في حاويات الشحن والأخري معاد تدويرها في الورق المقوي وكابلات الشد والحديد، ومنها نجد ان المصمم حقق الإقتصادية في الإستغلال الأمثل للمواد.

- مواد صديقة للبيئة: تم إستخدام مواد عديمة التأثير السلبي علي البيئة مثل الورق المقوي وحاويات الشحن والخشب.

- إمكانية إعادة إستخدامها: جزء كبير من المواد معاد إستخدامها كحاويات الشحن يتم تجميعها وتكوين المتحف وبعد الإنتهاء من المتحف يتم تركها وإستخدام حاويات من موقع المشروع شكل رقم (٥).

- إمكانية تدويرها: نسبة كبيره من المواد المستخدمة معاد تدويرها وهي الورق المقوي ويمكن إعادة تدويها.

ب - الوصلات بالنظم الإنشائية:جميع الوصلات المستخدمة تم إستخدام المسامير بها وذلك ليعطي إمكانية في التفكيك

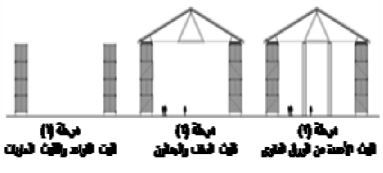
للنظام الإنشائي شكل رقم (٦).

ج - النظام الإنشائي المستخدم

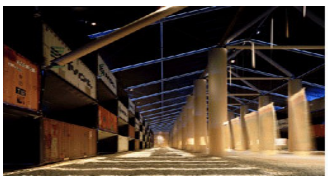
- **التنفيذ:** سهولة النظام الإنشائي وبساطة المواد المستخدمة أعطي سهولة في التنفيذ.

- **درجة تحقيق الوظيفة المطلوبة:** إعتمد المصمم علي تكوين النظام الإنشائي بطريقة تحقق الوظيفة المطلوبة والغرض من المشروع وقد أثبت نجاح عاليا في ذلك.

- **إعادة تدوير العناصر الإنشائية:** النظام الإنشائي المستخدم يمكن إعادة تدويرة مرة أخري (الورق المقوي، حاويات الشحن) شكل رقم (٧).



شكل (٥) يوضح بساطة مراحل تكوين النظام الإنشائي، المصدر: http://brainport.bwk.tue.nl/wp-content/ uploads /2011



شكل(٦) يوضح تثبيت العناصر الإنشائية بالحاويات المصدر: http://www.dma-ny.com2016

شكل (٧) يوضح الأعمدة من الورق المقوي، المصدر: http://www.dma-ny.com 2016

- **إعادة استخدام العناصر الإنشائية:** إعتمد المصمم علي إمكانية فك النظام الإنشائي وإستخدامة بمواقع أخر.

- **الصيانة:** لا يحتاج لصيانة إلا عند الحاجة أو عند نقلة من مشروع لأخر.

- **التفكيك:** إستخدام وصلات وربطها بمسامير مع العناصر الإنشائية أعطي إمكانية في فك النظام الإنشائي بالكامل ونقلة لموقع أخر.

- **مرونة التوسع المستقبلي:** صمم المبني بحيث يتم تنفيذة بما يتناسب مع المواقع والتوسعات المستقبلية ليحقق الإحتياجات المطلوبة.

الخلاصة:

إعتمد المبني علي إستراتيجيات الترشيد في إستهلاك المصادر المحدودة لمواد النظام الإنشائي ، وإستخدم مواد بناء محلية، إعادة إستخدام حاويات الشحن والحديد وإستخدام جمالون من مواد مدورة (Paper Tube) للهيكل الإنشائي للمبني يعطي إمكانية تفكيك أجزاءة وإعادة إستخدامها والمرونة في تحقيق الإحتياجات المستقبلية.

١٢ -٣ - مشروع كاتدرائية الكرتون (Cardboard Cathedral)

١٢ -٣ -١ - وصف المشروع

- **اسم المشروع:** كاتدرائية الكرتون

- **موقع المشروع:** اليابان

- **المصمم المعماري والأنشائى:** Architect Shigeru Ban

- التكلفة ٥,٩ مليون دولار.

١٢ -٣ -٢ - الوصف المعماري والإنشائي:

ينبع المشروع في مخطط لديه كل العناصر الرئيسية ل"عمارة الطوارئ" والتي تحوي أنابيب ورقية وحاويات شحن والتكسية خفيفة الوزن، وكانت فكرته عن الهيكل والإطار بسيطة مصنوعة بشكل كبير من العناصر الجاهزة شكل رقم (٨)، يتكون الهيكل الإنشائي من إطار على شكل حرف A حوالي وهو أبسط شكل يمكن بناءة ويتكون من (٩٠ إطار) من الورق المقوى بقطر ٦٠ سم، فوق المدخل نافذة واسعة تتألف من مثلثات متشابكة من الزجاج الملون، وقد إعتمد المصمم بشكل أساسي علي الورق المقوي وحاويات الشحن في تكوين الهيكل الإنشائي والفراغات الداخلية وهي مواد مدوره صديقة للبيئة تتحمل قوي شد وضغط عالية بالإضافة إلي انها إقتصادية.

شكل رقم ٨ - يوضح طريقة ربط الهيكل معا والمواد المستخدمة الهيكل الإنشائي والورق المقوي المستخدم في تكوين الهيكل الإنشائي، المصدر: Christchurch's Transitional Cathedral is set to become an icon of the city's post-earthquake rebuild – a symbol of hope for the city and region pdf

١٢ -٣ -٣ - ملامح تحقيق الإستدامة بالنظام الإنشائي

اعتمد فريق التصميم علي تحقيق الإستدامة المعمارية من خلال تحقيق إستدامة النظام الإنشائي للمبني، حيث إستخدم الورق المقوي كمادة بناء أساسية علي شكل إطار علي حرف A في الحوائط والأسقف وهي مادة بناء يمكن إعادة تدويرها وإستخدامها مرة أخري، وتم تنسيق فتحات الإطارات بطريقة تخدم التصميم المعماري شكليا ووظيفيا ،وإعتمد علي ربط الإطارات بوصلات من المسامي.

١٢ -٣ -٤ - تأثير إستخدام المواد علي النظام الإنشائي

إعتمد على استخدام الخرسانة المسلحة في الأساسات، والورق المقوي في تكوين الهيكل نفسة، وقد أثر ذلك في شكل الإطار نفسة فتكون الإطار علي حرف A دون وجود أي تعقيد في تكوينة مما سهل عملية التنفيذ.

١٢ -٣ -٥ - إستراتيجيات الإستفادة من هذا النظام داخل مصر: يمكن إستخدامها في عمل المباني المؤقتة، أو التوسعات التي تتم بصفة مؤقتة أو دائمة كما يمكن إستخدامة فوق المباني التي تحتاج توسعات لأعلي وذلك لخفة وزنة وسهولة التكوين لعناصرة.

١٢ -٣ -٦ - معايير التقييم الخاصة بمشروع كاتدرائية الكرتون "المصدر: بتصريف من الباحثين، ٢٠١٨"

- معايير التقييم من حيث:

أ - المواد المستخدمة بالنظام الإنشائي

المتانة: إستخدم المصمم مواد ذات متانة نسبيا قوية في الورق المقوي ومواد ذات متانة عالية في حاويات الشحن.

- كفاءة المواد مع مرور الزمن: نجد أن الورق المقوي من المواد التي أجري عليها أبحاث ووجد أنها تتحمل قوي ضغط وشد عالية وكذلك حاويات الشحن ولكنها تحتاج إلي صيانة دورية عند الحاجة.

- الإقتصادية في المواد والطاقة: جميع المواد المستخدمة مواد محلية معاد إستخدامها في حاويات الشحن والأخرى معاد تدويرها في الورق المقوي وكابلات الشد والحديد.

- مواد صديقة للبيئة: تم إستخدام مواد عديمة التأثير السلبي علي البيئة مثل الورق المقوي وحاويات الشحن والخشب.

- إمكانية إعادة إستخدامها: ليس جميعها معاد إستخدامها فحاويات الشحن معاد إستخدامها والحديد لكن الورق المقوي أول مره يستخدم بالمشروع.

- إمكانية تدويرها: معظم المواد المستخدمة بالنظام الإنشائي معاد إستخدامها.

ب - الوصلات بالنظم الإنشائية: جميع الوصلات المستخدمه للتجميع من المسامير والأربطة ولا يوجد لحام نهائي.

ج - النظام الإنشائي المستخدم

- التنفيذ: سهولة تشكيل النظام الإنشائي أدي إلي سرعة تنفيذه شكل رقم (٩).

شكل رقم ٩- يوضح المشروع أثناء تنفيذ الهيكل الإنشائي، المصدر: Christchurch's Transitional Cathedral is set to become an icon of the city's post-earthquake rebuild – a symbol of hope for the city and region pdf

- درجة تحقيق الوظيفة المطلوبة:

إعتمد المصمم علي تكوين النظام الإنشائي بطريقة تحقق الوظيفة المطلوبة والغرض من المشروع وقد أثبت نجاحاً عاليا في ذلك فقد صمم في البداية بشكل مؤقت ثم بعد ذلك تم تعديل التصميم ليكون بشكل دائم.

- إعادة تدوير العناصر الإنشائية: النظام الإنشائي المستخدم يمكن إعادة تدويرة مرة أخري (الورق المقوي، حاويات الشحن).

- إعادة استخدام العناصر الإنشائية:

إعتمد المصمم على إمكانية فك النظام الإنشائي وإستخدامة بمواقع أخرى.

- الصيانة: لا يحتاج لصيانة إلا عند الحاجة.

- التفكيك: إستخدام وصلات وربطها بمسامير مع العناصر الإنشائية أعطي إمكانية في فك النظام الإنشائي بالكامل ونقلة لموقع أخر.

- مرونة التوسع المستقبلي: صمم الإطار علي شكل حرف A أعطي أمكانية تزويد عدد الإطارت مما يساعد على مرونة التوسع المستقبلي.

الخلاصة:

تعد الأوراق المعاد تدويرها (Paper Tube) فكرة مثالية في عمليات البناء في صالات العرض والمباني المؤقتة، لذا تتعدد إستخداماتها في إنشاء المباني كعناصر إنشائية ولكن في هذا المشروع تم توظيفها كعنصر إنشائي دائم بعد تطويرها لتتناسب مع كود البناء وهي مادة ذات معامل مرونة عالي وحيث أنها مادة معاد تدويرها فهي مادة مستدامة صديقة للبيئة يمكن تشكيلها وتكوين أشكال قشرية منها.

جدول رقم ٥ - مقارنة بين المشروعات التطبيقية، المصدر: الباحثين، ٢٠١٨

المشروع / المعايير		١- ملعب كرة السلة	٢- المتحف المتنقل	٣- ككاتدرائية الكرتون
ملامح تحقيق الأستدامة		إستخدام مواد جميعها مدورة	عناصره مستخدمة سابقاً	مادة مدوره (الورق المقوى)
تأثير إستخدام المواد		تأثير إيجابي لإستخدام الحديد و القماش المعاد	إستخدم الورق المقوي مما أثر إقتصادياً و بيئياً	تقليل الوصلات
الإستفادة من النظام الإنشائى بمصر		يمكن تطبيق فكرة التفكيك في هياكل الحديد	يمكن الإستفادة منه في تكوين المباني المؤقتة	يمكن إستخدامة في الأماكن التي تتم بشكل مؤقت
المواد المستخدمة بالنظام الإنشائي	المتانة	متانة عالية (الحديد)	٨٠% مواد ذات متانة عالية	نسبيا قوية
	كفاءة المواد	ذات كفاءة عالية بمرور الزمن	أغلب المواد بكفاءة عالية	نسبيا ذات كفاءة عالية
	الإقتصاد في المواد والطاقة	إعتمد المصمم علي مواد جميعها معاد تدويرها	تم تحقيق الإستغلال الأمثل للمواد المحلية المتاحة	الإقتصاد من خلال مواد معاد تدويرها و إستخدامها
	مواد صديقة للبيئة	تم إستخدام مواد عديمة التأثير السلبي على البيئة	تم إستخدام مواد عديمة التأثير السلبي علي البيئة	تم إستخدام مواد عديمة التأثير السلبي على البيئة
	إعادة الإستخدام	لم تكن مستخدمة من قبل	جميع المواد معاد إستخدامها	ليس جميعها معاد إستخدامها
	إعادة التدوير	جميع المواد معاد تدويرها	جميع المواد معاد تدويرها	معظم المواد معاد تدويرها
الوصلات بالنظام		جميعها رباط بالمسامير	جميعها يمكن تفكيكها	جميع الوصلات يمكن فكها
	التنفيذ	النظام الإنشائي سهل التنفيذ	النظام الإنشائي سهل التنفيذ	النظام الإنشائي سهل التنفيذ
	تحقيق الوظيفة	حقق الوظيفة بدرجه عالية	حقق الوظيفة بدرجة عالية	تم تحقيق الوظيفة المطلوبة
	إعادة اتدوير	يمكن إعادة التدوير	يمكن إعادة التدوير	يمكن إعادة التدوير
	الصيانة	لا تحتاج إلي صيانة دورية.	لا تحتاج إلي صيانة دورية	لا يحتاج لصيانة دورية
	التفكيك	يمكن تفكيكة.	يمكن تفكيكة	يمكن تفكيكة
مرونة التوسع المستقبلى		يمكن التوسع المستقبلي	يمكن التوسع المستقبلي	هناك إمكانية تزويد الإطارات

١٣ - النتائج والتوصيات:

يتناول الجزء التالي النتائج والتوصيات التي إستخلصتها الدراسة كالتالي:

١٣ -١ - النتائج

١ - الإعتماد علي التفكيك في النظم الإنشائية بدلاً من الهدم وإرسالها إلى مكبات النفايات يقلل من تكلفة المشروع ويحقق الإستدامة.

٢ - تقليل إستخدام المواد الطبيعية الغير متجددة وتقليل إنتاج المواد بالطاقة وإعادة إستخدام نظم الإنشاء وإعادة التدوير للمواد الأخري يحقق كفاءة عالية في الإستدامة لنظم الإنشاء.

٣ - أثبتت الدراسة أن الحديد مادة بناء ذات درجة عالية من الإستدامة في حالة إستخدام وصلات يمكن تفكيكها وإتخاذ وسائل حماية ضد الصدأ.

٤ - يعد الورق المقوي وخاصة الأنابيب المصنوعة منه (Paper Tube) فكرة مثالية في عمليات البناء المؤقتة والدائمة.

٥ - تحقيق الإستدامة بالنظام الإنشائي له تأثير كبير علي تقليل تكلفة المشروع علي المدي الطويل.

٦ - الإعتماد علي المواد المحلية بالمشروع يحقق الأستدامة بدرجة عالية.

٧ - تقسيم الهيكل الإنشائي الخرساني إلي وحدات صغيرة خفيفة يسهل عملية سبق التجهيز مع تسهيل عملية تجميعة بالموقع مما يقلل من تكلفة وقت التنفيذ.

١٣ -٢ - التوصيات

١٣ -٢ -١ - توصيات عامة:

١ - الإهتمام بتطوير فكرة المباني الخرسانية الجاهزة داخل مصر علي أن يتم تحقيق إمكانية تفكيكها من خلال تطوير الوصلات.

٢ - يوصي بإستخدام مواد ذات إوزان خفيفة لتغطية الأنظمة الإنشائية الضخمة في Mega Structure كاللدائن

٣ - تشجيع زراعة نبات البامبوة داخل مصر وإستخدامة في تكوين الأنظمة الإنشائية.

٤ - يوصي بتحقيق مبدأ إعادة التدوير والإستخدام في النظم الإنشائية.

٥ - وضع منهجية تشجع الجهات المختصة في حالة تطبيق الإستدامة في نظم الإنشاء.

١٣ -٢ -٢ - توصيات خاصة بالمصمم:

١ -يوصي البحث بالتنسيق بين المهندس المعماري والإنشائي وإختيار النظام الإنشائي الذي يحقق كفاءه عالية في الإستدامة.

٢ - تحقيق الإستدامة في العناصر الإنشائية من خلال الإعتماد علي توحيد المقاسات لعناصر النظم الإنشائية للهياكل المعدنية مما يحقق مرونة التغيير في التصميم الإنشائي وسهولة التوسع المستقبلي مع إمكانية الفك والتركيب

٣ - الإعتماد علي المواد الطبيعية المتجددة في النظم الإنشائية.

٤ - زراعة الفكرة بين مهندسين الإنشاء.

١٣ -٢ -٣ - توصيات خاصة بالباحثين:

١ - نوصي الباحثين بضرورة خلق علاقة تكاملية بين تطبيق النظم الإنشائية المستدامة وعلاقتها بالتصميم البيئي.

٢ - التركيز علي تطبيقات النانو تكنولوجي وعلاقتها بنظم الإنشاء وتأثيره عليه إقتصاديا.

٣ - محاولة التوصل إلي أفكار إنشائية غير تقليدية من شأنها أن تخفض القيمة الأقتصادية للنظم الإنشائية والمرونة في التنفيذ وإعادة الإستخدام مثل (دراسة تحقيق النظام الإنشائي بإستخدام المغناطيس الكهربائي).

٤ - نوصي الباحثين بضرورة دراسة أهمية الإستدامة في رفع كفاءة الإقتصاد بالمشروع.

٥ - دراسة تأثير النظم الإنشائية المستدامة علي توفير الطاقة.

٦ - نوصي الباحثين بدراسة النظم الإنشائية التي تحقق سهولة التنفيذ والهدم.

SUSTAINABILITY AND RECYCLING
A STUDY CONCERNING SUSTAINABLE CONSTRUCTION SYSTEMS

Dr. Nashwa Youssif Abdellhafiz* Eng. Ahmed Ashry Hassan

ABSTRACT

The research sheding the light upon one of the fields that imposed their presence in the last time which is a mutual relationship between sustainable construction systems and the recycling for its materials and the effectof this recycling on the surrounding enviromment and coming generations.

Which leads to the importance of the study of modern sustainable construction systems and its relation to recycling, in addition to adopting construction systems which increase the recycling process and developing ideas which is based on disassembly and separation techniques instead of demolishing, beside concerning the development of non.tradition construction systems which is based on recyclable materials and renewable natural materials, taking advantage of previous and leading experiments.

KEY WORDS: Recycling – sustainable construction systems.

١٤ - المراجع

١ - سيد مرعي منصورعلي ناجي،(نحو منظومة متكاملة لتطوير استخدام مواد البناء كمدخل لتحقيق العماره المستدامه في مصر) القاهرة ٢٠١٠.

٢ - علي رأفت "الابداع الإنشائي في العمارة"، وكالة الأهرام للتوزيع – الطبعة الأولي، ١٩٩٨.

٣ - فاروق عباس حيدر، "الموسوعة الحديثة في تكنولوجيا تشييد المباني"، مؤسسة المعارف للطباعة و النشر ،١٩٨٨,

٤ - محمد إبراهيم محمد إبراهيم "تقنيات إعادة تدوير مواد البناء نحو تحقيق الإستدامة"رسالة ماجيستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة ، سنة ٢٠١١,

5- Christchurch's Transitional Cathedral is set to become an icon of the city's post-earthquake rebuild – a symbol of hope for the city and region pdf

6- Re-use of structural elements Environmentally efficient recovery of building components.

7- http://www.archdaily.com/777307/ad-classics-nomadic-museum-shigeru-ban-architects (9/5/2016)

8- http://architectuul.com/architecture/nomadic-museum-(28-2-2016)

9- http://www.architectmagazine.com/technology/detail/paper-tubes-and-shipping-containers-shape-a-new-zealand-church_o

10- http://brainport.bwk.tue.nl/wp-content/uploads/2011/05/Nomadic-museum.pdf*date (9-5-2016

11-*http://www.detail-online.com/article/london-2012-basketball-arena-27/6/2016*

***Acting Head of Architectural Department October High Institute for Engineering and Tecnology**